Silvio Kimura

# INTERFERÊNCIAS DIGITAIS NOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS DO DESIGN DE AUTOMÓVEIS

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre, no programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
Área de Concentração de Design e Arquitetura.

**Orientador: Prof. Livre-Docente Alessandro Ventura**

**São Paulo**

**2013**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL AUTOR: skimura@usp.br

Kimura, Silvio
K49i Interferências digitais nos modelos tridimensionais do design de automóveis / Silvio Kimura. -- São Paulo, 2013.
255 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Design e Arquitetura) – FAUUSP.
Orientador: Alessandro Ventura

1.Desenho industrial 2. Design de produtos 3.CAD 4.Projeto automotivo 5.Indústria automobilística I.Título

CDU 7.05

Nome: Silvio Kimura

Título: Interferências Digitais nos Modelos Tridimensionais do Design de Automóveis

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre, no programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Área de Concentração de Design e Arquitetura.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr._____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr._____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr._____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

À minha esposa Tatiana, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho, presença e apoio ao longo do caminho.

# Agradecimentos

Agradeço:

Inicialmente, à minha origem, meus antepassados.

Aos meus pais e minha família, que me prepararam para a vida.

Ao *Sensei* Jorge Kishikawa por ensinar-nos generosamente cultura e não somente arte.

Ao meu orientador, Prof. Livre-Docente Alessandro Ventura, de reconhecida sapiência, que muniu-se de paciência e guiou-me pelos meandros do mestrado.

Aos colegas, professores e funcionários da FAU, por tudo que aprendi nos muitos e longos anos de graduação e nos rápidos semestres da pós-graduação.

À FAU, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao meu amigo Paulo Andrade e aos colegas de trabalho que me apoiaram incondicionalmente.

Aos colegas Fabrício Toscano e Frederico Laguna pelos muitos esclarecimentos sobre o concorrido mundo dos designers de automóveis.

E finalmente, ao Universo, porque no fim, tudo dá certo.

“Entretanto, mesmo trilhando caminhos diferentes, com um estudo mais profundo é possível compreender a verdade. O importante é que cada um em sua área busque sempre o aperfeiçoamento.”

*Sensei* Shinmen Musashi-*no*-*Kami* Fujiwara-*no*-*Genshin*

“Ao ouvir histórias de homens bem sucedidos, deve-se escutar com muita atenção, mesmo que seja algo já conhecido. Se escutarmos a mesma coisa dez ou vinte vezes e acabarmos compreendendo algo inesperado, esse momento será muito especial. Em meio à conversa tediosa dos mais velhos existem os feitos dignos de mérito.”

Yamamoto Tsunetomo

“Você não conseguiu nada sozinho. Não se iluda pensando que tudo o que você conseguiu ou possui em sua vida se deve somente ao seu esforço ou capacidade. Três fatores são importantes para o samurai vencer: a sua capacidade; as suas origens; os colegas de treinamento.”

*Sensei* Jorge Kishikawa

# Resumo

O sucesso na indústria automobilística está intrinsecamente associado à sua capacidade de apresentar rapidamente novos produtos ao mercado. Foram fundamentais para reduzir o tempo de desenvolvimento de novos veículos a utilização de sistemas de projeto auxiliado por computador, ou CAD, para substituir o modelamento tridimensional físico pelo digital.

Buscamos inicialmente apresentar os aspectos históricos da produção industrial do automóvel no início do século XX para compor um panorama com os personagens e os fatos relevantes que influenciaram o processo de projeto de veículos. Destacamos a criação do *Art & Color Section* da GM porque foi neste estúdio que modelos de projeto representando a carroceria de automóveis foram construídos pela primeira vez utilizando *clay* industrial.

Descrevemos o fluxo de trabalho do processo de projeto no design automotivo e investigamos adicionalmente as possíveis interferências dos programas de modelamento digital no desenvolvimento criativo de projetos de design de automóveis.

Complementarmente, analisamos a influência das ferramentas digitais na formação dos futuros designers de automóveis, os futuros desenvolvimentos de interface dos programas CAD/CAS e o panorama atual dos principais programas utilizados no design industrial de automóveis.

Palavras-chave: Desenho industrial; Design de produtos; CAD; Projeto automotivo; Indústria automobilística.

# Abstract

The ability to offer new products to the market is the key to success in auto industry. New vehicles are developed with Computer-Aided Design (CAD) programs, resulting in great development time reduction where digital models replaced traditional clay models.

By researching historical facts about the auto industry production in early 20$^{th}$ century, this research focused on building a background where the design processes were developed, including relevant biography and facts about the people who created the modern car. We highlighted the creation of GM Art & Color Section due to its relation with the first use of car body models modeled with industrial clay.

To find possible interferences caused by the use of digital modeling within the creative phase of car design processes, we described and analyzed the car design process workflow.

Furthermore, we analyzed how digital tools can influence new designers education, looked for future CAD/CAS software interface development and an overview on the main high-end software for car design.

Keywords: Industrial design; Product design; CAD; Automotive design; Automotive industry.

# Lista de ilustrações

Figura 1: *Sketch* digital ou em papel. As ferramentas digitais são tão eficientes quanto as tradicionais na criação de ilustrações. Fonte: Car Design News. ..... 27
Figura 2: Modelo virtual e diversas formas de apresentação. Fonte: PI-VR ..... 29
Figura 3: Henry Ford em 1919. Fonte: Library of Congress, Washington. ..... 34
Figura 4: Henry Ford, Thomas Alva Edison e Harvey Samuel Firestone, os pais da modernidade. 11 fev. 1929. Fonte: Herbert Hoover Library. ..... 35
Figura 5: Henry Ford em seu Quadricycle em 1896. Fonte: Newsweek ..... 36
Figura 6: Ford Modelo T, fotografado em 11 abr. 1910. Fonte: Utah State Historical Society. ..... 37
Figura 7: Fazendeiros no Nebraska vistoriando campos de trigo em 1916. Fonte: Western Heritage Museum, Omaha, Nebraska. ..... 38
Figura 8: Linha de produção na Ford, 1913. Fonte: Ford Wiki ..... 39
Figura 9: Linha de montagem final, Ford Modelo T. Fonte: Library of Congress. ..... 40
Figura 10: Preços do Ford Modelo T por ano. Fonte: The Model T Ford Club International, Inc. ..... 41
Figura 11: Alfred Sloan na capa da revista Time de 27 dez. 1926. Fonte: Time Magazine. ..... 43
Figura 12: Fotografia oficial na General Motors de Harley Earl. Fonte: GM Heritage Center. ..... 48
Figura 13: Fachada da Earl Automobile Works em 1911. Fonte: LAMM, 1998. ..... 49
Figura 14: Harley Earl (esq.) e Don Lee (dir.) em 1925. Fonte: LAMM, 1998. ..... 49
Figura 15: Buick Y-Job Concept Vehicle e Harley Earl em 1938. Fonte: GM Heritage Center. ..... 50
Figura 16: Cadillac Sedanette 1948. Fonte: GM Heritage Center. ..... 50
Figura 17: Detalhe do Cadillac Deville 1958. Fonte: GM Heritage Center. ..... 51
Figura 18: Modelos em *clay* do Cadillac 1933-1936. Fonte: *Clay* Modelers. ..... 52
Figura 19: Bill Mitchell. Fonte: GM Heritage Center. ..... 54
Figura 20: Irvin Rybicki. Fonte: GM Heritage Center. ..... 56
Figura 21: Chuck Jordan. Fonte: National Corvette Museum. ..... 58
Figura 22: Patrick Le Quément, na época da aposentadoria em 2009. Fonte: Car Design News. ..... 60
Figura 23: Chris Bangle. Fonte: Car Body Design. ..... 63
Figura 24: Carro conceito BMW GINA. Fonte: BMW of North America. ..... 64
Figura 25: Alfred Sloan e Harley Earl na aposentadoria de Earl em 1958. Fonte: General Motors Archive. ..... 68
Figura 26: Segmentação da linha GM por mercados através de cinco marcas. Fonte: GM Heritage Center / Wieck Media Services. ..... 72
Figura 27: Charles Lindbergh posando ao lado do seu Cadillac LaSalle 1927 em 15 ago. 1927. Fonte: Richard Stanley, charleslindbergh.com. ..... 73
Figura 28: Modelo em *clay*. Fonte: Design Studio Pro - *Clay* Modelers. ..... 74
Figura 29: Modelo em *clay* do Cadillac Aerodynamic Coupé 1933. Fonte: GM Heritage Center. ..... 74
Figura 30: O designer Harley Earl sentado no Cadillac LaSalle 1927; ao fundo Larry Fisher. Fonte: General Motors Archive. ..... 75
Figura 31: Organograma da General Motors. Fonte: General Motors Archive ..... 76
Figura 32: O Buick "grávido" de 1929. A linha de caráter ou shoulder line foi arredondada para facilitar a produção dos painéis pela estamparia. Para a época, cujo padrão estético eram linhas retas e cantos vivos, o Buick 1929 causou estranheza. Fonte: Autonews.com. ..... 80
Figura 33: Harley Earl e suas "damas do design" (*Damsels of Design*), 1956. Fonte: Richard Earl. ..... 84

Figura 34: Chrysler Airflow 1934. Fonte: Revista Time. ..... 85
Figura 35: Alterações do chassi propostas por Earl. Fonte: Styling: The Look of Things. General Motors ..... 86
Figura 36: Chrysler Dart-Diablo Concept de Virgil Exner. Exner era um dos partidários dos rabos-de-peixe na GM. Fonte: Daniel Vaughan. ..... 89
Figura 37: Chevrolet Master Eagle 1933. Fonte: Welles Photo..... 91
Figura 38: Rádio RCA Radiola Model III de 1924. Fonte: antiqueradio.org..... 92
Figura 39: A pesquisa de mercado e de marketing avalia as características dos concorrentes e fatia de mercado pretendida. Fonte: UBM ..... 95
Figura 40: *Sketches* da fase de desenvolvimento do tema do Lotus Evora. Fonte: Car Design News. . 96
Figura 41: Exemplo de *mood board* de concurso de design promovido pela GM em 2011, indicando a forte integração com tecnologia para o usuário, característica da marca Chevrolet. Fonte: Car Design News ..... 98
Figura 42: Exemplo de modelo funcional do interior do Lamborghini Aventador. Fonte: Car Design News. ..... 100
Figura 43: *Sketches* conceituais do BMW Z4 2003. Fonte: BMW. ..... 102
Figura 44: Desenho em escala real (*full size rendering*) do NIssan 300ZX. Fonte: Nissan..... 102
Figura 45: *Tape drawing* do BMW Z4 2009. Fonte: Car Body Design..... 102
Figura 46: Aplicação de filme Di-noc sobre modelo em *clay* do BMW Z4 2009. Fonte: Car Body Design. ..... 103
Figura 47: Desenho em escala 1:1 do Buick Wild Cat III 1955. Fonte: GM Styling The Look of Things. ..... 104
Figura 48: Verificação de *package* do Lotus Evora comparado ao Lotus Elise. Fonte: Car Design News. ..... 107
Figura 49: A BMW utiliza tape drawing em escala real no processo de projeto. Fonte: Car Body Design ..... 111
Figura 50: Criação de *sketches* do BMW MINI. Fonte: BMW. ..... 111
Figura 51: Construção do modelo em *clay*. Fonte: Car Body Design. ..... 112
Figura 52: Escaneamento a laser para aquisição digital da superfície do modelo. Fonte: Qualitymag ..... 113
Figura 53: A "garagem virtual" da empresa Evox permite a criação de cenas que incluem qualquer veículo em produção nos Estados Unidos. Fonte: Autonews.com. ..... 116
Figura 54: Exemplo de modelamento automático proposto por Kara et. al (Kara et. al, 2006): (a) *Sketch* 2D, (b) base (*template*) em 3D, (c) alinhamento do *sketch* com a base 3D. O traço sobre o *sketch* modifica diretamente a base 3D. (d) Obtém-se as linhas de contorno. (e) Criação das superfícies..... 117
Figura 55: Desenho em escala real do Buick Wildcat III 1955 sendo aerografado. ..... 119
Figura 56: Estrutura e camadas de espuma e *clay* dos modelos em escala real. (YAMADA, 1993).... 120
Figura 57: Gabarito em madeira para verificação do perfil no modelo em *clay*. Fonte: GM Styling Staff ..... 120
Figura 58: Barras de *clay* industrial. Fonte: Nissan. ..... 121
Figura 59: Modeladores digitais (esq.) e modeladores físicos (dir.). ..... 122
Figura 60: Modelo em *clay* sendo usinado por máquina CNC. Fonte: Car Body Design. ..... 124
Figura 61: Scanner para digitalização ótica. Fonte: Proto3000. ..... 125

Figura 62: Modelo final em clay, aprovado para produção, do Alfa Romeo Giulietta. Fonte: Car Design News. ..... 126
Figura 63: Exemplo de curva Bézier cúbica e seus pontos de controle. ..... 132
Figura 64: Exemplo de superfície Bézier com os pontos de controle. ..... 132
Figura 65: Descrição geométrica do Algoritmo de Casteljeau. ..... 133
Figura 66: Exemplo de utilização de pontos de controle no programa CorelDRAW da Corel. Fonte: coreldraw.com ..... 133
Figura 67: Curva NURBS ..... 134
Figura 68: Superfície NURBS ..... 134
Figura 69: Curva *spline* cúbica. Fonte: Stamcose ..... 137
Figura 70: Curva de Bézier. Fonte: Marian Sigler ..... 137
Figura 71: Curva *B-spline*. Fonte: MathWorld. ..... 138
Figura 72: Exemplo de curva polinomial. ..... 138
Figura 73: Continuidade tipo Posição (G0). Fonte: Autodesk. ..... 139
Figura 74: Continuidade tipo Tangente (G1). Fonte: Autodesk. ..... 139
Figura 75: Continuidade tipo Curvatura (G2). Fonte: Autodesk. ..... 140
Figura 76: Manipulação do paralelepípedo de controle de uma curva Bézier. Fonte: Watt. ..... 143
Figura 77: Curva em madeira fixada na posição por uma série de "*lofting ducks*" para desenho das linhas de embarcações. Fonte: J.D. Ball, NW School of Boatbuilding. ..... 145
Figura 78: Diferença entre curvas construídas pelo método Bézier (esq.) e *B-spline trough points* (dir.) construídas sobre a mesma linha poligonal de referência, com o mesmo número de pontos. Fonte: Bentley Systems ..... 146
Figura 79: Quatro exemplos de curvas B-spline construídas indicando os mesmos pontos sobre uma poligonal de referência, utilizando diferentes algoritmos de cálculo. Fonte: Bentley Systems ..... 146
Figura 80: A ordem da equação que gera a curva aumenta da esquerda para a direita. As curvas foram criadas congruentes com os polígonos de controle. Fonte: Bentley Systems ..... 147
Figura 81: Modificação do polígono de controle de uma curva Bézier. Fonte: Bézier Curve Demo - Youtube vídeo, <disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=6mjzYuyrbdc> Último acesso em 02/10/2010 ..... 147
Figura 82: Superfície Bézier ..... 149
Figura 83: Superfície *B-spline*. ..... 149
Figura 84: Superfície Coons ..... 149
Figura 85: *Render* em *wireframe*. ..... 153
Figura 86: *Render* em *hidden line*. ..... 153
Figura 87: *Render* em *shading*. ..... 154
Figura 88: *Render* em *goraud*. ..... 154
Figura 89: *Render* em *phong.* ..... 155
Figura 90: *Render* em *ray tracing*. ..... 155
Figura 91: *Render* em *particle tracing*. ..... 156
Figura 92: *Render* em *radiosity*. ..... 156
Figura 93: Imagem de representação tipo *zebra analysis*. Fonte: PI-VR ..... 158
Figura 94: Exemplos de *rendering* sobre o mesmo modelo digital. Fonte: PI-VR ..... 158
Figura 95: *Clipping* em *ray tracing*. Fonte: PI-VR ..... 159
Figura 96: Interface do EDM. observa-se o monitor CRT e a caneta ótica. ..... 164
Figura 97: Desenho de carroceria no CASS da Volkswagen. Fonte: Volkswagen. ..... 165

Figura 98: As linhas do modelo digital avaliadas pelo COSMOS. ..... 166
Figura 99: Modelo em *clay* usinado a partir do modelo gerado em CAD ..... 166
Figura 100: Interface do Siemens NX7. ..... 169
Figura 101: Ilustração sobre o conceito de PLM da Siemens integrando as informações no contexto do designer. ..... 170
Figura 102: Interface gráfica do CATI. Fonte: Dassault Systèmes. ..... 171
Figura 103: Marcel Dassault operando o CATI em novembro de 1980. Fonte: (BERNARD, 2003). .... 172
Figura 104: Ivan Sutherland operando o console do *Sketch*pad em 1962. ..... 172
Figura 105: Modelagem de superfície classe A no ICEM. Fonte: Dassault Systèmes, 2012. ..... 172
Figura 106: Design do interior com ICEM. Fonte: Dassault Systèmes, 2012. ..... 173
Figura 107: Interface do PTC Creo. Fonte: MCADCafé, 2010. ..... 174
Figura 108: Interface do AliasStudio. ..... 176
Figura 109: *Tablet* Wacom Cintiq. ..... 177
Figura 110: Interface do Autodesk Showcase. ..... 179
Figura 111: Interface do Luxion KeyShot ..... 179
Figura 112: Interface do Bunkspeed ..... 180
Figura 113: Interface do RTT Deltagen ..... 180
Figura 114: Interface do PI-VR VRED ..... 181
Figura 115: Interface de visualização para aplicação de materiais e geração de imagens fotorrealistas do Autodesk Showcase. Fonte: Autodesk. ..... 181
Figura 116: *Sketch* em 3D ..... 182
Figura 117: Inserção de desenhos para referência dimensional e formal ..... 182
Figura 118: Seleção de *package* ou *layout* pré-definido: posição de motorista e passageiros, eixos e rodas. ..... 183
Figura 119: Criação de um "bloco" básico. ..... 183
Figura 120: Modelamento do bloco sobre a referência. ..... 183
Figura 121: Modelamento das demais superfícies. ..... 184
Figura 122: Ajuste das superfícies. ..... 184
Figura 123: Verificação da forma e inclusão de elementos realistas. ..... 184
Figura 124: Execução de *sketch* diretamente sobre a superfície. ..... 185
Figura 125: Ajuste dos detalhes das superfícies. Manipulação dos pontos de controle. ..... 185
Figura 126: Revisão das superfícies. ..... 185
Figura 127: Modificações dinâmicas em 3D ..... 186
Figura 128: Modificação da superfície por meio da linha de eixo ..... 186
Figura 129: Verificação da superfície com *render* zebrado. ..... 186
Figura 130: Alisamento das superfícies para geração de superfícies Classe-A ..... 187
Figura 131: Verificação da superfície com *render* zebrado. ..... 187
Figura 132: Modelagem parametrizada. ..... 187
Figura 133: Modificação coordenada das superfícies. ..... 188
Figura 134: Elementos parametrizados aplicados à superfície. ..... 188
Figura 135: Reutilização de parâmetros armazenados. ..... 188
Figura 136: Modificação dinâmica de parâmetros. ..... 189
Figura 137: Trabalho coordenado com outras disciplinas ..... 189
Figura 138: Verificação de interferências interdisciplinar ..... 189
Figura 139: Referenciamento de modelo 3D da engenharia. ..... 190

Figura 140: Correção da interferência ..... 190
Figura 141: Aplicação de materiais e iluminação para apresentação e revisão. ..... 190
Figura 142: Visualização realista: reflexos e refrações ..... 191
Figura 143: Visualização realista: iluminação ..... 191
Figura 144: Apresentação em *powerwall*..... 191
Figura 145: Produção de *sketches* digitais do Renault Megané. Fonte: Car Body Design. ..... 194
Figura 146: Modelos do Megané sem *clay* em escala real, para o desenvolvimento do exterior e interior. Fonte: Car Design News. ..... 195
Figura 147: Modelos do Megané sem *clay* em escala real, para o desenvolvimento do exterior e interior. Fonte: Car Design News. ..... 195
Figura 148: Modelos digitais do Renault Megané no processo de desenvolvimento, em substituição aos tradicionais modelos em escala reduzida em *clay*. Fonte: Car Body Design. ..... 196
Figura 149: Renault Megané - Quatro modelos de exterior com aplicação de Di-noc e acabamentos. Fonte: Car Body Design. ..... 196
Figura 150: Modelos digitais utilizados no processo de desenvolvimento do interior do Renault Megané. Fonte: Car Design News. ..... 197
Figura 151: Renault Megané - Modelo final em *clay*. Fonte: Car Body Design. ..... 198
Figura 152: Ford Taurus - Modelo digital. Fonte: Car Design News. ..... 200
Figura 153: Modelos virtuais do interior do Taurus versão SEL (esq.) e da versão LTD (dir.). Fonte: Car Design News. ..... 202
Figura 154: Ford Taurus - Modelo final em *clay*. Fonte: Car Design News. ..... 203
Figura 155: Ford Taurus - Modelo final em *clay* com aplicação de filme DI-NOC. Fonte: Car Design News. ..... 203
Figura 156: Opções alternativas no perfil da linha de caráter ou *shoulder line* do Volvo S60. Fonte: Car Design News. ..... 205
Figura 157: A partir do desenho 2D, o programa obtém configurações espaciais sem restrições, possivelmente infinitas. ..... 208
Figura 158: Diagrama de funcionamento do programa. ..... 209
Figura 159: *Rendering* representando uso de bico-de-pena de uma locomotiva, criado no Shapeshop. ..... 209
Figura 160: O designer seleciona uma arquitetura veicular de uma série de exemplos (nas duas fileiras superiores) para iniciar o trabalho e modifica os pontos representados para criar uma nova configuração. ..... 210
Figura 161: Os pontos em verde foram definidos como restrições, não se modificam. O ponto em vermelho (com seta) demonstra o que ocorre quando arrasta-se o mesmo. ..... 210
Figura 162: O *sketch* de referência no alto à esquerda, embaixo à esquerda, o alinhamento dos pontos de restrição do *template* com o *sketch*. À direita, o modelo 3D modificado. ..... 211
Figura 163: *Sketch* em 3D. ..... 211
Figura 164: Desenho diretamente sobre a tela do *tablet* Wacom. ..... 212
Figura 165: Modificação da superfície de modo interativo. ..... 212

# Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|---|---|
| API | Application Programming Interface |
| CAD | Computer Aided Design |
| CAE | Computer-Aided Engineering |
| CAID | Computer Aided Industrial Design |
| CAM | Computer-Aided Manufacturing |
| CAS | Computer Aided Styling |
| CG | Computer Graphics ou Computação Gráfica |
| CMM | Coordinate Measuring Machine |
| CNC | Computer Numeric Control ou Controle Numérico Computadorizado |
| CRT | Cathode Ray Tube |
| CSG | Constructive Solid Geometry |
| DMU | Digital Mockup |
| EMR | Electron Magnetic Resonance |
| GM | General Motors |
| IGES | Initial Graphic Exchange Standard |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |
| NURBS | Non-Uniform Rational B-spline |
| OpenGL | Open Graphics Library |
| PLM | Product Lifecycle Management |
| SBM | Sketch Based Modeling |
| SOP | Start of Production |

# Sumário

**Resumo** ..... **11**

**Lista de ilustrações** ..... **15**

**Introdução** ..... **25**

**1. Personagens** ..... **31**

**2. O *Art and Color Section* da GM** ..... **67**

**3. O processo de projeto de automóveis** ..... **91**

**4. Computação Gráfica** ..... **127**

**5. Estado da arte** ..... **163**

**6. Estudo de casos: Estudo de casos: Reduzindo modelos em *clay*** ..... **193**

**7. Considerações finais** ..... **207**

**Glossário** ..... **217**

**Referências** ..... **223**

**Anexos** ..... **235**

# Introdução

O que faz do automóvel um produto que tem conexão com nossos sentimentos, que gera mais discussões do que qualquer outro produto fabricado pelo homem? Uma possibilidade é a de que tenha substituído o cavalo, que por milhares de anos foi o principal meio de transporte da humanidade. Entretanto, o cavalo convive com o homem há milênios e apesar do seu papel importante na movimentação de cargas e pessoas, não influenciou tanto a sociedade como o automóvel.

A aparência de um automóvel gera mais debates do que qualquer outro produto criado pelo ser humano, porque no mercado atual, a aparência é tudo. Não importa se a mecânica é mais eficiente ou mais segura, pois para vender mais, o carro deve agradar visualmente. Segundo Neville Jordan Larica (LARICA, 2003, p.82), professor de design dos transportes da PUC-Rio: "A Teoria do Design de Automóveis é o conjunto de princípios fundamentais da arte de projetar automóveis e se resume, basicamente, em criar e desenvolver veículos que correspondam ao mesmo tempo ao sonho e necessidades do comprador." E acrescenta: "Os automóveis são projetados para chamar a atenção, por isso o design é o fator número um de escolha para quem compra um automóvel."

Chuck Jordan, ex-vice presidente de design da GM disse, sobre a profissão de designer (de automóveis), que o momento é bom, pois todos os carros de hoje têm boa qualidade e performance. O mercado reconhece que o design tornou-se um fator decisivo para o consumidor. Ele ainda acrescenta que aprendeu de Bill Mitchell que um carro tem de ser belo, elegante e inovador. Se um consumidor olhar para um automóvel e dizer que não 'gosta' dele, as outras características mecânicas, funcionais não importam, ele não o comprará. (MOTOR [...], 2006)[1].

No capítulo 1 apresentamos as biografias dos personagens importantes na evolução do design do automóvel. Reflexo de sua personalidade pragmática, Henry Ford concebeu o

[1] Do inglês: " *Now is a great time to be in design. Design is king. All cars today do great things--quality, performance--and people are recognizing that design has become a strong deciding factor for buyers. Bill Mitchell taught me that a car has to have beauty, elegance, the surprise of something new. A car has to make you feel something. If a buyer looks at a car and says, "I don't like it," all the other stuff doesn't matter*" (MOTOR, 2006)

automóvel como uma ferramenta utilitária, que deveria prover mobilidade aliada à confiabilidade mecânica por um preço reduzido. Por meio de métodos de produção em massa que incluíam a linha de montagem e logística na produção, o Ford Modelo T permitiu mobilidade individual nunca antes vista, passando a integrar e influenciar a sociedade agregando novos desejos, sonhos e valores.

A passagem para o século XX marcou um conflito de interesses entre fazer do automóvel uma ferramenta utilitária ou um objeto de sonhos e desejos do mercado consumidor. Em seu artigo, Gartman (GARTMAN, 2004) cita também o conceito criado na GM nos anos 1950, no qual os designers eram chamados pelos engenheiros de "*Pretty Boys*" e estes últimos de "*Tough Guys*" pelos primeiros. Esta disputa dualista pendeu de um lado ao outro no início do século até que, a partir dos anos 1920, ainda segundo Gartman, a visão de "máquina dos sonhos" dos designers por fim prevaleceu.

Mesmo com o grande avanço tecnológico que permitiu a incorporação de equipamentos de segurança, maior desempenho e muito conforto, todos esses itens são acessórios da aparência e do "pacote" visual que o automóvel oferece. Gartman (GARTMAN, 2004) afirma que foi a partir dessa mudança de visão funcional para o foco estético transformou os Estados Unidos de "uma sociedade de produtores em uma sociedade de consumidores".

O capítulo 2 descreve a criação do *Art & Color Section* na General Motors em 1927 que está ligada à biografia de Harley Earl e Alfred Sloan, que estabeleceram o design como principal fator de vendas de automóveis, criando o primeiro estúdio de design completamente dedicado à criação de estilo, contrapondo-se à cultura de produção em massa predominante no mercado automobilístico da época.

Em seguida, no capítulo 3, descreveremos o processo de projeto de automóveis, que foi estruturado no *Art & Color Section* e permanece em constante evolução. A introdução do computador no processo de projeto ocorreu nos anos 1950 com a utilização de programas para controle de ferramentas numéricas, como Pierre Bézier descreveu posteriormente em seu trabalho: *Example of an Existing System in the Motor Industry: The Unisurf System*, de 1971, época em que trabalhava na Renault. Bézier desenvolveu ferramentas e divisou novas

utilizações para estas no processo de projeto, sendo as mais relevantes para este trabalho, aquelas que apóiam o processo de projeto do design.

No processo de projeto de um novo automóvel, que apresentamos no capítulo 4, destacamos a utilização de modelos tridimensionais como temática principal deste trabalho. Caracterizado como instrumento de grande importância para a verificação das formas aparentes, é o modelo tridimensional que proporciona a materialização do desígnio representado nas ilustrações do processo criativo do designer – chamados de *sketches*.

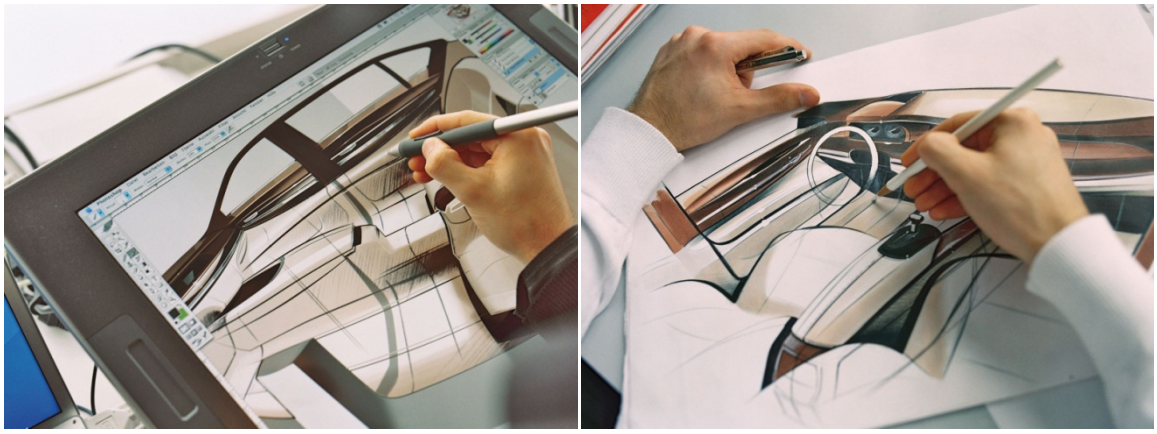

**Figura 1: *Sketch* digital ou em papel. As ferramentas digitais são tão eficientes quanto as tradicionais na criação de ilustrações. Fonte: Car Design News.**

Identificamos como provavelmente a etapa mais crítica no processo de projeto, a transição dos *sketches*, ilustrações em duas dimensões, para o modelo tridimensional. Até os anos 1990 este processo era manual utilizando modelos em argila, gesso ou *clay*. Com a introdução do software AliasStudio no fluxo de trabalho o designer pode verificar as superfícies concebidas em modelos tridimensionais virtuais, comparar com outros veículos concorrentes, analisar o comportamento dinâmico e simular ambientação sem que nenhum modelo físico tenha de ser construído.

No capítulo 4 apresentamos uma descrição das ferramentas que os designers utilizam na criação de desenhos, desde o trabalho de doutorado de Ivan Sutherland com o *Sketchpad* (SUTHERLAND, 1963), de Steve Coons (COONS, 1963), orientador de Sutherland na área de CAD, os trabalhos de Pierre Bézier (BÉZIER, 1971) no desenvolvimento do CAM e de outros que contribuíram para que os programas atingissem o atual estado de desenvolvimento.

Para descrever um panorama atual do processo de projeto de automóveis, o capítulo 5 trata das ferramentas de CAD e de visualização que são utilizadas na maior parte dos grandes estúdios de design de automóveis. A partir dos anos 1990, a indústria de CAD iniciou uma corrida de aquisições e fusões que resultou na atual concentração do mercado desse tipo de *software high end* em dois fabricantes: Dassault Systèmes e Siemens, ambas de origem européia. Na área de design a Autodesk é a atual proprietária do programa AliasStudio desenvolvido originalmente por uma empresa canadense chamada Alias que não pertencia à indústria automotiva. Na visão dos designers é o software mais utilizado para modelamento tridimensional no processo de design de automóveis.

A transformação do *sketch* em modelo tridimensional exige o trabalho de um profissional especializado, o modelador, que constrói física ou digitalmente as formas concebidas pelo designer. Observamos que o papel do designer abrange cada vez mais atividades de modelagem digital, assim como os primeiros designers de automóveis dos anos 1930 também trabalhavam ao lado dos modeladores de *clay*.

O principal objeto de estudo desta pesquisa são os modelos tridimensionais – físicos e virtuais – utilizados no processo de projeto de automóveis. Assim, abordaremos o contexto no qual este tipo de modelo se insere, as interações necessárias com os diferentes profissionais envolvidos, a tecnologia das ferramentas virtuais e o estado da arte destas ferramentas na indústria.

Ao apresentar o processo de projeto, detalharemos os paradigmas e pontos-chave do desenvolvimento e assim estabelecer o momento em que a tecnologia necessária para construir modelos tridimensionais em computador permitiu a inclusão deste tipo de modelo como ferramenta de projeto.

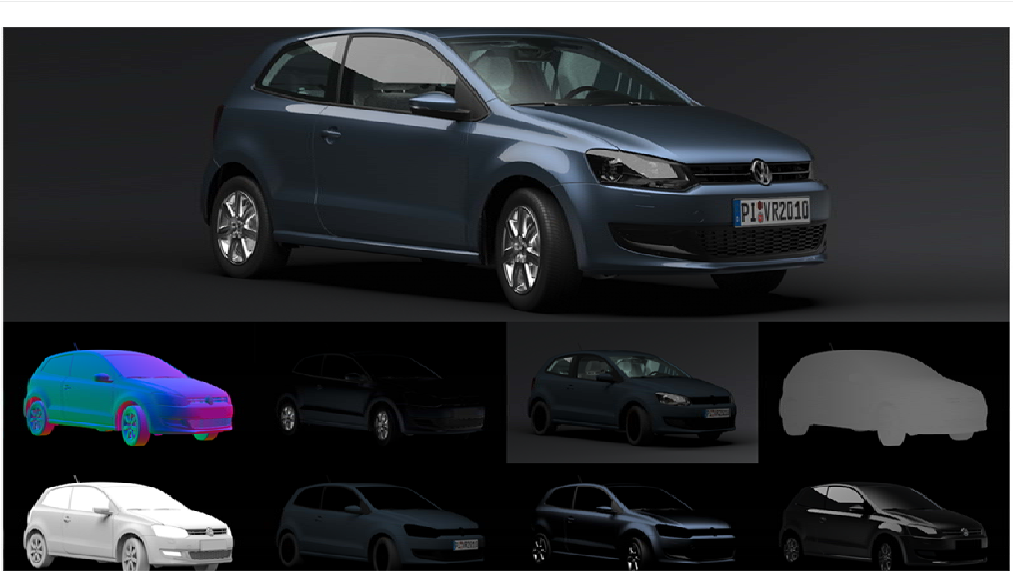


**Figura 2: Modelo virtual e diversas formas de apresentação. Fonte: PI-VR**

Bézier (BÉZIER, 1983) preconiza em sua publicação *UNISURF, from Styling to Tool-Shop*, que o uso de sistemas de CAD/CAM poderia aumentar a eficiência do processo de desenvolvimento de um novo automóvel, conforme novos métodos e tecnologias fossem incorporados. A Renault anunciou em 2008 que não utilizou *clay* no processo de projeto da terceira geração do Renault Megané, fato que mostrou-se incorreto durante a investigação.

Verificaremos se existe um aumento significativo do uso de ferramentas digitais para análise das formas do veículo nos estágios iniciais do projeto. Para tanto, apresentaremos no capítulo 6 três casos em que os designers utilizaram modelos virtuais de maneira intensa, eliminando a utilização de modelos em *clay* em escala reduzida.

Consideramos investigar quais são os impactos do uso de ferramentas de modelamento digital para o designer de automóveis. Pretende-se verificar quais habilidades são necessárias para este profissional, como planejar o conhecimento que ele deve adquirir para atuar no mercado automobilístico e o caminho para o desenvolvimento das ferramentas digitais para que o processo de design ocorra sem a atual ruptura entre o desenho criativo manual e a digitalização das superfícies dos automóveis.

# 1

# 1. Personagens

## Introdução

Os primeiros automóveis nos Estados Unidos pertenciam à alta burguesia do país, ostentavam belas formas esculpidas como obras de arte, que acrescentava um sentido de supérfluo luxuoso a esses objetos. Eram testemunhas do refinamento cultural das classes mais altas da sociedade quando o uso do automóvel se resumia a corridas e atividades de lazer. Na ânsia e expectativa de agregar para si este status social, a classe média sonhava em adquirir os mesmos bens de consumo dos mais ricos (GARTMAN, 2004).

O reconhecido pesquisador David Gartman[2] afirma que, na economia norte-americana da primeira década do século XX, no processo de imitar a classe mais rica, a próspera classe média estimulou a difusão de versões mais baratas dos automóveis com a mesma aparência das máquinas exclusivas dos mais abastados. Na ansiedade de ostentar a mesma prosperidade, essa classe média adotou o automóvel como símbolo de riqueza, de lazer e de liberdade (GARTMAN 2004, p. 172).

Esse mercado em ascensão estimulou inicialmente os fabricantes de automóveis a incluir opções mais baratas em seus portfólios. Alguns visionários como Henry Ford, decidiram arriscar e produzir massivamente o automóvel de baixo custo. Em 1908, com o preço do Ford Modelo T os automóveis ficaram ao alcance da classe média e até mesmo da camada mais alta do operariado.

[2] David Gartman é Ph.D. em sociologia da University of South Alabama, pesquisa sociologia, história, economia, cultura, estética ligados à produção em massa da indústria automobilística. Publicou dois livros relacionados à indústria automotiva: *Auto Opium: A Social History of American Automobile Design* e *From Autos to Architecture: Fordism and Architectural Aesthetics in The Twentieth Century*.

Mesmo com qualidade e acabamento inferiores, a simples posse de um automóvel, de qualquer tipo era um rara o suficiente para se tornar um símbolo de status (GARTMAN, 2004, p.173). À medida em que a produção em massa popularizava o Ford Modelo T, o automóvel deixou de exercer este tipo de distinção na classe média. Provavelmente, a ascensão da General Motors foi favorecida também pelo esgotamento dessa distinção dos automóveis simples e funcionais de Ford, que foram estigmatizados em favor do produto com aparência mais luxuosa.

Alfred Sloan, presidente da GM, percebeu o surgimento de um grande mercado de massa em meados dos anos 1920 e intuiu que este consumidor estava disposto a gastar um pouco mais por um automóvel que significasse mais que um meio de transporte básico (GARTMAN, 2004, p.175; SLOAN, 1963). Assim, a GM passou a produzir em larga escala veículos com o estilo dos carros de luxo, representado pelo lançamento do Cadillac LaSalle 1927. O LaSalle era o menor e mais barato dos Cadillacs[3] (que na época eram construídos artesanalmente), para ser produzido em massa com custo reduzido, mas com carroceria projetada integralmente por Harley Earl, construtor de carrocerias (*coachbuilder*) de carros de algumas estrelas de Hollywood[4]. A "imitação de Cadillac" (GARTMAN, 2004, p.175) fez tanto sucesso que Sloan contratou Earl em 1927 para "criar estilo" em toda a linha da General Motors.

Essa visão predominou durante o período de 1927 a 1977, (ano em que Bill Mitchell aposentou), sendo substituída pela idéia de funcionalidade, a qual passou a ser novamente mais valorizada que a aparência, fato que provavelmente levou o mercado norte-americano a demonstrar preferência pelos modelos econômicos e compactos das montadoras japonesas no período após as crises do petróleo dos anos 1970. Designers como Patrick le Quément e Chris Bangle, nos anos 1980 e 1990 respectivamente, trabalharam em busca de novas formas de conceber o automóvel talvez em uma tentativa de restabelecer e reequilibrar a relação entre forma e função no design automotivo.

[3] O LaSalle era oferecido em onze versões de carroceria, todas construídas pela Fisher, com preço entre 2.495 a 2.975 dólares, e outras quatro versões personalizadas. O Cadillac mais caro - o *Transformable Town Cabriolet* - custava 4.700 dólares. Foram vendidas cerca de 16.850 unidades naquele ano (VAUGHAN, 2007).

[4] Entre os clientes famosos de Earl estavam os atores Fatty Arbuckle, Mary Pickford, Tom Mix e o diretor Cecil B. DeMille (LAMM, 1998).

Nos subcapítulos seguintes, apresentamos as biografias dos designers das empresas de automóvel Ford, General Motors, Renault e BMW, os quais consideramos importantes no uso dos modelos tridimensionais físicos e nas ferramentas de modelamento tridimensional digital. Embora Henry Ford não tenha entrado para a história como designer, ele foi um dos pioneiros que “desenharam” o centenário automóvel do século XX ao lado de Alfred Sloan que elaborou um plano de negócios cujo sucesso girava em torno da mudança constante do design e levou a General Motors à dominância do mercado por décadas.

## 1.1. Henry Ford (1863-1947)

Fundador e presidente da Ford Motor Company de 1908 a 1918 e de 1943 a 1945.

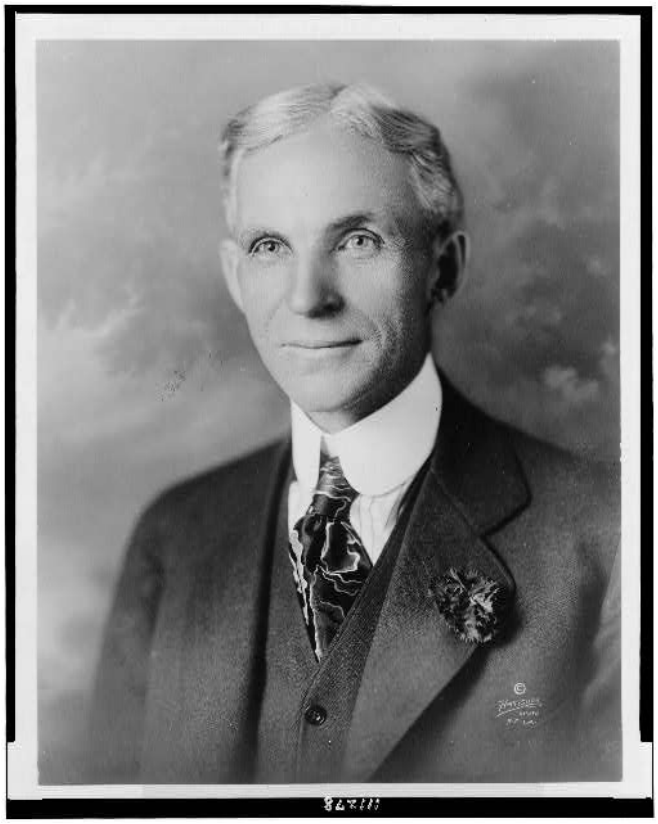

**Figura 3: Henry Ford em 1919. Fonte: Library of Congress, Washington.**

Henry Ford nasceu em 30 de julho de 1863, em Dearborn, na fazenda da família localizada perto de Detroit, Michigan, nos Estados Unidos. Desde cedo demonstrava interesse por engenhos mecânicos e uma aversão às atividades rurais (FORD, 1995).

Em sua autobiografia, publicada em 1922, Ford relata que com 16 anos deixou sua casa e foi para a cidade de Detroit para trabalhar como aprendiz de operador de máquinas; primeiro na empresa James F. Flower & Bros. e mais tarde na Detroit Dry Dock Co. Em 1882, ele retornou a Dearborn para trabalhar na fazenda da família, adquirindo experiência na operação dos motores a vapor portáteis da Westinghouse. Aos 19, Ford ingressou na Westinghouse para trabalhar no reparo e na montagem de locomotivas a vapor. Em 1885, trabalhando como mecânico das oficinas da Eagle Motor Works, em Detroit, seu interesse se

concentra nos motores a explosão. Dois anos depois, em 1887, Ford construiu seu primeiro motor desse tipo, movido a gasolina (FORD, 1995).

Em 1891 foi trabalhar na Edison Illumination Company, de Thomas Alva Edison em Detroit. Esta fase foi descrita por ele como crucial na decisão de dedicar a sua vida na área industrial. Promovido a engenheiro-chefe, passou a dispor de tempo e dinheiro para se dedicar a experimentos com motores de combustão interna. Esses experimentos culminaram dois anos depois na criação de seu primeiro veículo, o *Quadricycle*. Na época dos proto-automóveis anda se experimentava diferentes arquiteturas nos veículos, e Ford nomeou o seu *Quadricycle* por utilizar quatro rodas de bicicletas. (FORD, 1995)

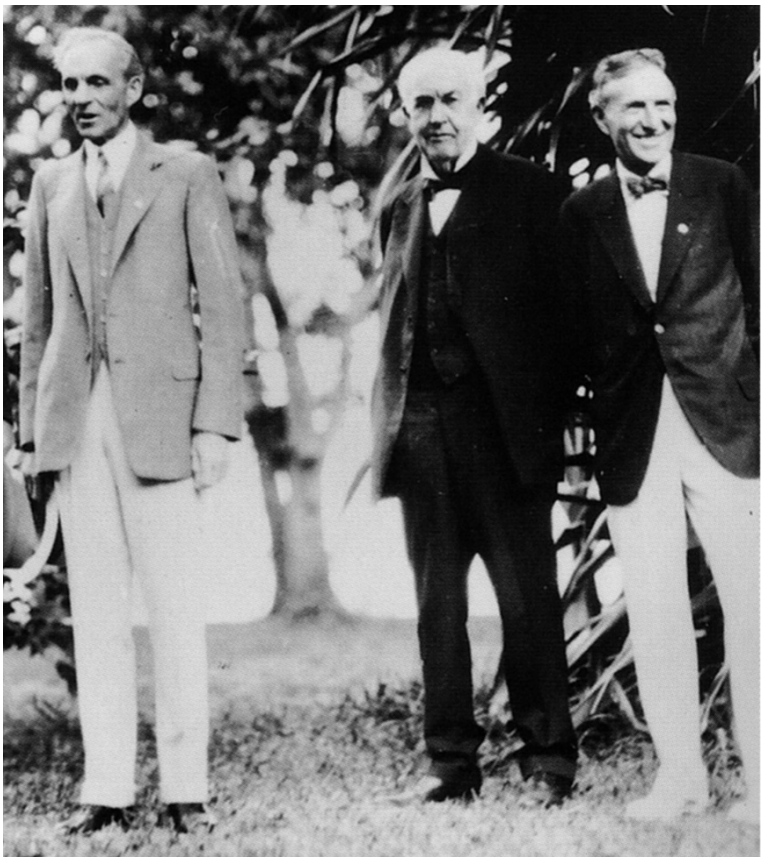

**Figura 4: Henry Ford, Thomas Alva Edison e Harvey Samuel Firestone, os pais da modernidade. 11 fev. 1929. Fonte: Herbert Hoover Library.**

De acordo com o Museu Ford, foram produzidas somente quatro unidades do *Quadricycle* e com o dinheiro obtido na sua venda, Henry Ford fez a primeira tentativa de fundar uma empresa automotiva, a Henry Ford Company, em 3 de novembro de 1901. Após disputas com os investidores, Ford saiu da sociedade em março de 1902. O remanescente destas

instalações ficou com os outros investidores e foi administrada para retomar as atividades, sendo nomeada como Cadillac Motor Company em 22 de agosto de 1902. Ford levou os direitos de uso do seu nome e com um grupo de doze investidores fundou a Ford Motor Company em 1903. A empresa é sediada até hoje em Dearborn no subúrbio da cidade de Detroit, Estado de Michigan (FORD, 1995).

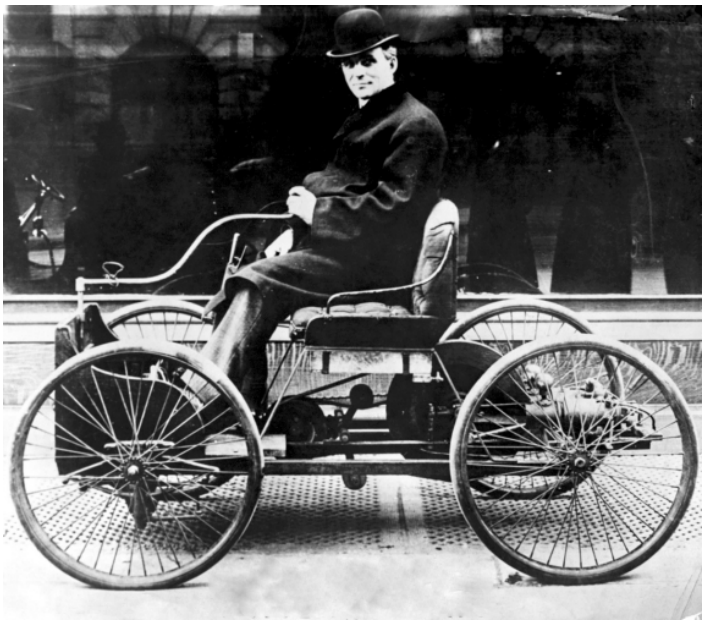

**Figura 5: Henry Ford em seu Quadricycle em 1896. Fonte: Newsweek**

Notavelmente, dois dos investidores iniciais eram os irmãos John e Horace Dodge, que em 1900 fundaram a Dodge Brothers Company, fornecedora de autopeças em Detroit e em 1913 passaram a produzir seus próprios automóveis (GARTMAN, 2009). Em 1908, a Ford Motor Company apresentou o Modelo T, que ao longo das duas décadas seguintes foi pioneira no processo de produção em massa com máquinas especializadas e linhas de montagem que fizeram com que o preço do automóvel fosse tão reduzido que passou a ficar ao alcance do poder aquisitivo de uma faixa maior da população. O Modelo T só foi substituído em 1930 pelo Modelo A.

**Figura 6: Ford Modelo T, fotografado em 11 abr. 1910. Fonte: Utah State Historical Society**

Para Gartman (GARTMAN, 2009) o caráter de Henry Ford, que nasceu e foi criado em ambiente rural, determinou que o automóvel fabricado por ele tivesse características predominantemente utilitárias. Tal visão utilitarista deve ser analisada sob o panorama histórico em que Ford criou sua empresa. No início do século vinte, o automóvel entrou nos Estados Unidos como peças de exibição de famílias ricas como os Rockfellers e Vanderbilts. O custo destes automóveis era de 600 a 7.500 dólares (GARTMAN, 2009), valor que os colocava além do alcance das pessoas comuns. Em 1901, o salário anual do americano médio era de 750 dólares, de acordo com o *Bureau of Labor Statistics* dos Estados Unidos.[5]

A carroceria destes automóveis – cuja arte de fabricação denominava-se *coachbuilding art* – refletia o refinamento e riqueza dos seus proprietários. As carrocerias eram construídas artesanalmente sobre o chassi que era entregue pelo fabricante a empresas especializadas e conhecidas no *coachbuilding* como Brewster, Fleetwood, Judkins e a Earl Coachworks, de propriedade da família de Harley Earl, cuja biografia é descrita neste capítulo. Embora o

[5] Dados salariais do ano de 1901 nos Estados Unidos. Disponível em: <http://www.bls.gov/opub/uscs/1901.pdf>. Último acesso em 20 dez. 2012.

automóvel simbolizasse a riqueza e privilégio de poucos, alguns pioneiros como Henry Ford viram o potencial do automóvel como veículo de transporte de massas para o país de dimensões continentais. Em 1913, a General Motors e a Ford dominavam mais da metade do mercado automotivo mundial (TEDLOW, 1988).

Criado em uma fazenda, Ford pretendia fabricar um automóvel que facilitasse o transporte dos produtos das fazendas para o mercado. Em 1908, o Ford Modelo T foi apresentado como um carro para as massas ou para o povo, epítome da simplicidade aliada à utilidade, em um veículo sem ornamentos ou acessórios, leve, durável e barato, que custava 825 dólares (DAMMANN, 1993).

**Figura 7: Fazendeiros no Nebraska vistoriando campos de trigo em 1916. Fonte: Western Heritage Museum, Omaha, Nebraska.**

Para produzir o Modelo T a baixo custo, Ford combinou idéias provenientes de outras áreas da engenharia concebendo um novo sistema de manufatura. Ele dividiu as tarefas especializadas que dominavam a nascente indústria automotiva em tarefas individualizadas mais simples, que poderiam ser realizadas por operários sem experiência em máquinas especializadas. Depois, ele determinou que estas tarefas fossem executadas em espaços fechados e linhas de produção. Houve aumento de produtividade nas linhas de produção ao

reduzir a quantidade de tempo despendida nas operações de troca de ferramentas e tarefas, ao mesmo tempo em que houve aumento da intensidade de trabalho ao transferir o controle da velocidade de produção do operário para o gerente de produção (GARTMAN, 2009).

**Figura 8: Linha de produção na Ford, 1913. Fonte: Ford Wiki**

Em decorrência do fato que o operário não desenvolvido e sem experiência tinha custo menor e maior disponibilidade no mercado, a produção em massa de Ford reduziu drasticamente os custos de manufatura dos automóveis. Para que pudesse fabricar grandes volumes, Ford ainda teve de padronizar a fabricação limitando-a a poucos modelos e projetando suas partes visando maior eficiência e velocidade na produção mecânica. Tanto que em 1910 a Ford manteve na linha de produção somente o Modelo T, que permaneceu pelos 17 anos seguintes (GARTMAN, 2009).

> "O modelo T, primeiro produto da Ford produzido em massa, vinha em nove versões, incluindo um conversível para duas pessoas, um carro de passeio aberto para quatro pessoas, um sedan coberto para quatro pessoas e um caminhão com um compartimento para carga atrás. No entanto, todos rodavam sobre o mesmo chassi. Em 1923, pico da produção do Modelo T, Ford produziu 2,1 milhões de chassis para esse modelo, cifra que se revelou um marco da produção em massa padronizada." (WOMACK; JONES, 1992, p. 25)

A demanda da produção em massa levou o design e a construção de carrocerias para longe das tradições estéticas dos *coachbuilders*, deixando-as com os engenheiros, cuja

preocupação principal estava focada na redução de custos e na velocidade de produção. O Modelo T tinha aparência característica das prensas e soldas que estampavam superfícies planas e retilíneas com maior eficiência e velocidade do que os artistas do *coachbuilding*. Não havia tempo para ajustes de superfície e acabamento na Ford, e a cor preta foi escolhida porque na alta temperatura dos fornos de secagem de tinta, a única cor que não se alterava era justamente essa. No processo tradicional, requeria-se até vinte camadas de tinta e um mês para completá-la. O método de mergulhar a carroceria na tinta e secá-la em fornos reduziu este tempo para quatro horas (GARTMAN, 2009).

**Figura 9: Linha de montagem final, Ford Modelo T. Fonte: Library of Congress.**

O Ford Modelo T não era apenas barato, mas também tinha aparência de barato. Para os americanos com baixa renda isso não importava e o carro foi tão vendido que em 1923 já era metade de todos os automóveis vendidos no mundo. A eficiência na produção baixou os preços a 265 dólares em 1924 (DAMMANN, 1993).

Original Model T Ford Prices by Model and Year

| Year | Touring | Runabout | Coupe | Town | Tourster | Torpedo | Sedan | Couplet | Tudor Sedan | Fordor Sedan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1909 | $850 | $825 | $950 | $1000 | ------ | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1910 | $950 | $900 | $1,050 | $1,200 | N/A | ----- | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1911 | $780 | $680 | $1,050 | $1,200 | N/A | ----- | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1912* | $690 | $590 | N/A | $900 | N/A | ----- | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1913 | $600 | $525 | N/A | $740 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1914 | $490 | $440 | $750 | $690 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| 1915 | $440 | $390 | N/A | $640 | N/A | N/A | $740 | $1,590 | N/A | N/A |
| 1916 | $360 | $345 | N/A | $595 | N/A | N/A | $640 | $540 | N/A | N/A |
| 1917 | $360 | $345 | N/A | $595 | N/A | N/A | $645 | $505 | N/A | N/A |
| 1918 | $525 | $500 | N/A | N/A | N/A | N/A | $775 | $650 | N/A | N/A |
| 1919 | $525 | $500 | $650 | N/A | N/A | N/A | $775 | N/A | N/A | N/A |
| 1920Mar | $575 | $550 | $850 | N/A | N/A | N/A | $975 | N/A | N/A | N/A |
| 1920Sep | $440 | $395 | $745 | N/A | N/A | N/A | $795 | N/A | N/A | N/A |
| 1921Jun | $415 | $370 | $695 | N/A | N/A | N/A | $760 | N/A | N/A | N/A |
| 1921Sep | $355 | $325 | $595 | N/A | N/A | N/A | $660 | N/A | N/A | N/A |
| 1922 | $348 | $319 | $580 | N/A | N/A | N/A | $645 | N/A | N/A | N/A |
| 1923 | $393 | $364 | $530 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | $595 | $725 |
| 1924 | $295 | $265 | $525 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | $590 | $685 |
| 1925 | $290 | $260 | $520 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | $580 | $660 |
| 1926 | $380 | $360 | $485 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | $495 | $545 |
| 1927 | $380 | $360 | $485 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | $495 | $545 |

* 1912 models Fore-Door & Commercial Runabout (prices?)

**Figura 10: Preços do Ford Modelo T por ano. Fonte: The Model T Ford Club International, Inc.**

O presidente dos EUA na época, Woodrow Wilson, convidou Henry Ford para concorrer a uma vaga no Senado como candidato Democrata em 1918 pelo Estado de Michigan, mas ele não conseguiu ser eleito. No final do mesmo ano, Ford nomeou seu filho Edsel presidente da empresa, mantendo nela, porém, o exercício de sua autoridade. Para adquirir as demais ações de sua companhia, Henry criou com seu filho a Henry Ford & Son Company, assustando os investidores remanescentes permitindo à família Ford manter controle total da empresa (FORD, 1995).

A queda das vendas do Modelo T convenceu Henry a construir um novo modelo de automóvel. Ford teve de reestruturar toda sua fábrica em 1928 para produzir o novo Ford Modelo A, projetado por uma equipe de designers liderada por seu filho, Edsel Ford. O início

dos anos 1930 marcou o limite da primeira fase da produção em massa, representado pelo Modelo T e iniciou a fase da produção em massa flexível (GARTMAN, 2009).

Henry sempre relutou em oferecer planos de crédito para vender seus produtos, mas em 1930 teve de ceder e a Universal Credit Corporation passou a ser uma das grandes financiadoras de automóveis. Ao mesmo tempo, teve de incorporar o programa anual de mudanças de modelo criado pela General Motors (GARTMAN, 2009). Quando seu filho Edsel faleceu de câncer no estômago em 1943, o conselho reelegeu Henry Ford como presidente, apesar de sua saúde debilitada. Em setembro de 1945 Henry cedeu a presidência a seu neto, Henry Ford II e se aposentou. Faleceu em 1947, de acidente vascular cerebral aos 83 anos.

## 1.2. Alfred Sloan (1875-1966)

Presidente da General Motors de 1923 a 1937

**Figura 11: Alfred Sloan na capa da revista Time de 27 dez. 1926. Fonte: Time Magazine.**

Alfred Pritchard Sloan, Jr. nascido em 23 de maio de 1875 e falecido em 17 fev. 1966. Foi presidente da General Motors de 1923 a 1937. Nascido em New Haven, Connecticut, estudou engenharia elétrica no Massachussetts Institute of Technology (MIT) em 1895.

A General Motors Company foi fundada em 1908, controlada pelo milionário William Crapo Durant e por Frederic Smith, e adquiriu o controle de diversas companhias menores. Até 1909, a GM controlava as fabricantes Buick, Oldsmobile, Cadillac, Elmore, Oakland, Reliance, Rapid Motors, Republic, entre outras. Em 1910 Durant tentou, sem sucesso, adquirir a Ford e perdeu o controle acionário da GM, em decorrência do endividamento causado pela aquisição das empresas e pela grande queda na venda de veículos novos.

Após criar a Chevrolet em 1911, Durant passou a trabalhar com o objetivo de readquirir ações da GM, conseguindo, em 1915, colocar Samuel du Pont na presidência da empresa. Após uma grande batalha acionária, retomou o controle da empresa como presidente, renomeando-a de General Motors Company para General Motors Corporation em 1916. Com mais problemas na venda de automóveis, Durant perdeu novamente o controle acionário para Pierre du Pont em 1920.

Em 1920, Pierre Samuel du Pont que também foi presidente da DuPont de 1915 a 1919, após adquirir 43% do controle acionário da GM, decidiu colocar Alfred Sloan, então vice-presidente na presidência da GM. Alfred Sloan era presidente da Hyatt Roller Bearing, empresa fabricante de rolamentos que foi adquirida por Durant em 1916 (SLOAN, 1963).

No início do século XX, quando Henry Ford decidiu fabricar o famoso Modelo T, a maior parte dos fabricantes de automóveis preferiam construir a mecânica e o chassi, entregando a montagem da carroceria e interior às já referidas empresas encarroçadoras como Brewster, Fleetwood e Judkins – para que famílias abastadas exibissem em público veículos caros e chamativos. Esse é o período em que a engenharia (mecânica) e a arte da carroceria (*coachbuilding art*) estavam separadas.

A Fisher Body, fundada em 1908, construía carrocerias para a Cadillac, Ford, Krit, Chalmers e Studebaker. As carrocerias dos Cadillacs eram construídas exclusivamente pela Fisher Body e a empresa chegou a ser a maior fabricante de carrocerias do mundo. A partir dos anos 1920, a General Motors adquiriu suas operações e aquela passou a operar como uma divisão interna desta até 1984. (FISHER, 2008). A Fisher Body está até hoje ligada ao grupo GM, como subsidiária, fabricando carrocerias.

No ano de 1920, quando Pierre du Pont adquiriu a General Motors, esta era um conglomerado de pequenas empresas do ramo automobilístico reunidas por William Durant nos anos anteriores na tentativa de controlar o mercado de automóveis. Du Pont substituiu Durant por um jovem gerente, chamado Alfred Sloan e nomeou John Raskob, vice-presidente de finanças da DuPont para o mesmo cargo na GM. Raskob foi incumbido de defender os interesses do grupo DuPont como acionista e investidor de 43% da recém criada empresa automobilística.

Raskob apoiou Sloan na GM com a introdução de novas medidas de gestão financeira visando garantir o retorno do investimento. Sloan logo percebeu que sobrepujar o domínio da Ford e vencer a disputa pelo preço dos automóveis logo se mostrou fora de questão, pois para essa tarefa seria necessário possuir capital no montante equivalente ao do Tesouro Nacional Americano (GARTMAN 2004).

Como foi contemporâneo dos pioneiros da indústria, Sloan conhecia todos os grandes nomes da área automobilística e compreendia as vantagens do método Ford. Percebeu que era necessário diferenciar-se do líder de mercado e não repetir a receita do sucesso com "mentalidade de artesão" de Ford (TEDLOW, 1988 p. 53), definindo como crítica a capacidade da própria GM de se adaptar a rápidas mudanças para vencer a Ford.

Os seguintes pontos-chave, descritos em sua autobiografia (SLOAN, 1963), ajudam a esclarecer a estratégia de Sloan na GM:

**Política de produtos**

Estabelecimento de uma linha de produtos clara e definida por tipo, preço e consumidor, ("*the car for every purse and purpose*"). Não era uma política inovadora, mas na indústria automobilística de 1920, o objetivo adotado pelas empresas da GM era conseguir criar um único produto vencedor, como o fez Ford e seu modelo T. Sloan identificou que as diversas marcas fabricavam veículos na faixa mediana de preço. Para evitar concentração de vendas, estratificou a produção da empresa em cinco marcas para atuar em seis faixas de preço diferentes, para que as divisões obtivessem aumento no volume de produção e redução nos custos por meio do compartilhamento de componentes padronizados.

A renovação anual dos modelos foi uma inovação pouco desejada (TEDLOW, 1988 pp. 56) uma vez que envolvia custos de mudança na linha de produção, gerenciamento das mudanças de estilo e a pressão no treinamento da equipe de vendas.

Em 1963, Sloan dizia ser contra a mudança anual (TEDLOW, 1988 pp.190), mas não vira outra opção. As mudanças anuais deveriam ser planejadas com regularidade e, o mais importante, elas seriam o principal dispositivo para vender mais carros. Neste panorama, os revendedores teriam de convencer o consumidor, com base na moda e no estilo, que o modelo anterior estava obsoleto.

Tal política não deixava espaço para as pequenas empresas, já que não dispunham do capital necessário para atuar no jogo da mudança anual. Em 1921 havia 88 fabricantes de

automóveis nos Estados Unidos, caindo para somente 20 em 1929 (THOMAS, 1973, apud TEDLOW, 1988, p.57)[6].

Para os planos da GM a mudança anual era perfeitamente adequada não apenas porque Henry Ford era contra essa política, mas porque a empresa Ford Motor Company não tinha capacidade de mudar sua produção rapidamente.

**Financiamento**

Com a definição de produtos e preços, Sloan implementou ainda a GMAC (*General Motors Acceptance Corporation*), como a primeira instituição financeira de propriedade de uma empresa automobilística (TEDLOW, 1988 pp.55) – outros fabricantes de bens duráveis como máquinas de costura e implementos agrícolas já trabalhavam com financiamentos e pagamentos em parcelas.

Henry Ford vendia os veículos somente à vista, tanto para os revendedores quanto para o consumidor final.

**Marketing**

A Ford nunca implementou uma política constante e consistente de marketing para a venda de seus produtos. De acordo com a autobiografia de Sloan, a General Motors tratava corporativamente da propaganda institucional e das relações públicas deixando a cargo das várias divisões a propaganda de produtos (SLOAN, 1963 p. 119).

**Distribuição**

Mesmo sendo presidente da GM, Sloan dedicou bastante atenção ao relacionamento com as concessionárias, visitando-as pessoalmente entre 1920 e 1930. Conversava com cinco donos de revendas por dia e ouvia críticas e sugestões sobre o relacionamento com a GM, produtos, política empresarial, desejos do consumidor, a visão do futuro e outros assuntos de interesse comercial. (SLOAN, 1963 pp. 325-329)

[6] THOMAS, Robert Paul. **Style Change and the Automobile Industry During the Roaring Twenties**. Louis P. Cain and Paul J. Uselding, eds., Business Enterprise and Economic Change: Essays in Honor of Harold F. Williamson. Kent, Ohio: Kent State University Press, 1973, pp. 135, 120-21.

Quando os revendedores eram críticos, Sloan dava-lhes atenção especial e apresentava soluções "ganha-ganha" (SLOAN, 1963 pp.326) dizendo que lhe interessava relacionamentos de negócios que fossem positivos para todos os envolvidos.

> "Como nunca antes, 1955 foi um exemplo de amplitude e difusão da indústria automobilística e do sistema que lhe servia de base. Foi esse o primeiro ano em que a venda de automóveis nos Estados Unidos superou a marca dos 7 milhões. Três grandes empresas – Ford, GM e Chrysler – eram responsáveis por 95% de todas as vendas, e seis modelos representavam 80 por cento de todos os carros vendidos." (WOMACK; JONES, 1992, p. 31)

Sob o comando de Sloan, a GM cresceu e se tornou a maior empresa automobilística até os anos 1980, quando tinha 349 mil funcionários e 150 plantas, liderando consecutivamente as vendas mundiais de 1931 a 2007. Após as recessões de 2008 e 2009, a GM declarou falência em junho de 2009.

Sloan aposentou como *chairman* na GM em 1956. Na época sua biografia *My Years with General Motors* estava pronta, mas devido a complicações legais com a GM só foi publicada em 1964. Faleceu em 1966 aos 90 anos. Sua filosofia resume-se me suas próprias palavras: “Atualmente, a aparência do automóvel é o fator de vendas mais importante, porque todos sabem que o automóvel vai funcionar.” (TEDLOW, 1988, p.55, tradução nossa)[7]

O capítulo 2 deste trabalho descreve mais detalhadamente a influência de Sloan no design dos automóveis com a criação do *Art and Color Studio* e sua relação com o designer Harley Earl.

[7] Do inglês: "*Today the appearance of a motorcar is a most important factor in the selling end of the business— perhaps the most important factor— because everyone knows the car will run.*"

## 1.3. Harley Earl (1893-1969)

Designer-chefe da General Motors de 1927 a 1940

Vice-Presidente de Design da General Motors de 1940 a 1958

**Figura 12: Fotografia oficial na General Motors de Harley Earl. Fonte: GM Heritage Center.**

Harley J. Earl (22 nov. 1893 – 10 abr. 1969), nascido em Hollywood, Califórnia nos Estados Unidos. Iniciou os estudos em Stanford, mas abandonou a faculdade para trabalhar na empresa do pai, a Earl Automobile Works em 1908, construindo carrocerias de carros para estrelas de Hollywood. Esta empresa do pai, anteriormente chamada de Earl Carriage Works, fabricava carrocerias para carruagens a cavalo.

Em 1919, a Earl Automobile Works foi incorporada pela Don Lee Coach & Body Works. Don Lee era um grande revendedor de Cadillacs que acabara de se tornar o distribuidor oficial da marca na costa oeste dos Estados Unidos. (LAMM, 1998).

Durante o trabalho na Don Lee foi notado por Lawrence P. Fisher, gerente geral da Cadillac, divisão da General Motors, sendo convidado em 1927 a desenhar o Cadillac LaSalle. O sucesso de vendas deste carro justificou a criação do *Art and Color Division* da General Motors. Posteriormente, em 1937, ele renomeou este grupo para *Styling Division*.

**Figura 13: Fachada da Earl Automobile Works em 1911. Fonte: LAMM, 1998.**

**Figura 14: Harley Earl (esq.) e Don Lee (dir.) em 1925. Fonte: LAMM, 1998.**

O primeiro carro-conceito da história, o Buick Y-Job foi criado por Earl em 1939, na *Styling Division*. Foi a primeira vez que um fabricante de automóveis criou um modelo especificamente para verificar a reação do público.

Em 1948 autorizou o design de Frank Hershey com a inclusão dos “rabos de peixe” no Cadillac Sedanette Serie 61 e 62, inspirado na cauda do avião P-38 Lightning. O delicado desenho foi aumentando progressivamente até o icônico Cadillac Deville 1959, que marcou a Era de Ouro da General Motors e de Earl (BAYLEY, 1983).

**Figura 15: Buick Y-Job Concept Vehicle e Harley Earl em 1938. Fonte: GM Heritage Center.**

**Figura 16: Cadillac Sedanette 1948. Fonte: GM Heritage Center.**

**Figura 17: Detalhe do Cadillac Deville 1958. Fonte: GM Heritage Center.**

Até o estabelecimento do *Art and Color Division* por Harley Earl em 1927, os fabricantes de automóveis davam pouca importância à carroceria, ou seja, à aparência externa do automóvel, construindo-os muitas vezes da maneira mais prática a custo mais baixo possível. Alguns, como a própria GM preferiam construir e enviar os chassis a um encarroçador (*coachbuilder*) da preferência do consumidor final. Alguns poucos, como por exemplo, a Studebaker construíam o carro completo. Earl precisou impor suas idéias e métodos de design em oposição à visão de produtividade dos executivos de engenharia e do comercial. Conforme Earl dizia, seu estúdio de design era frequentemente chamado de "salão de beleza" pelos engenheiros. Em três anos, ele foi nomeado vice-presidente comandando a primeira equipe dedicada exclusivamente à aparência dos automóveis. A partir de 1950 a *Styling Division* detinha a mesma capacidade de decisões de investimento dos departamentos de finanças e de engenharia (WILSON, 2007). Foi neste período que as vendas da General Motors dispararam e a empresa se tornou a número 1 do mundo.

Quando Earl faleceu em 1969, o jornal *The Detroit News* intitulou-o *Car Design Pioneer*, pelas alterações realizadas na aparência dos automóveis ao longo de 31 anos no comando do departamento de *Styling*. Neste período sua equipe aumentou de 50 para mais de 1100 especialistas. Em 1959 quando se aposentou, a profissão de designer de carros ou designer automotivo era considerada como o fator principal na liderança de vendas da GM. A partir

dele, o papel do *styling* e do designer passou a integrar definitivamente o processo de desenvolvimento de automóveis.

Em termos de processo de projeto, Earl inovou a indústria de Detroit ao introduzir o uso de desenhos em escala real e a construção de modelos tridimensionais em *clay* com escala real. Costumava dizer: "Uma imagem vale por mil palavras e um modelo vale por mil imagens"[8] (WILSON, 2007, tradução nossa).

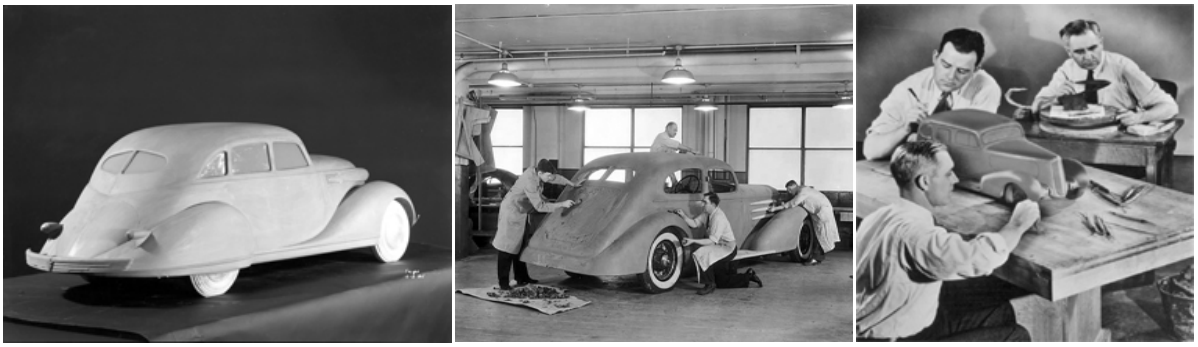

**Figura 18: Modelos em *clay* do Cadillac 1933-1936. Fonte: *Clay* Modelers.**

Também foi responsável pela criação do "*GM LOOK*", em que cada divisão (Cadillac, Chevrolet, Buick, Oldsmobile e Pontiac) tinha sua própria identidade.

O termo "carro conceito" ou *dream car* foi criado em 1938, com o Buick Y-Job que depois gerou outras 36 experiências radicais, para estimular o desenvolvimento de futuros carros, como citado em um *press-release* da GM de 1958. O Y-Job foi construído com mecânica e chassi Buick modificado por Charlie Chayne, engenheiro chefe da Buick. O motor era um oito cilindros em linha de 320 polegadas cúbicas (cerca de 5,2 litros). O carro serviu de transporte pessoal de Earl por muitos anos até ser substituído pelo LeSabre 1951. A escolha de uma base da Buick para a construção do Y-Job deu-se pela grande amizade de Earl com Harlow Curtice, presidente da Buick. Earl dedicava especial atenção ao design dos veículos da Buick (GENERATIONS [...] EARL [...], 2012).

Com o apoio de Alfred Sloan, o presidente executivo do grupo, Earl desenvolveu o conceito de "obsolescência dinâmica", no qual os automóveis deveriam mudar anualmente, fazendo com que o design fosse responsável pelo sucesso de vendas de seus produtos.

[8] Do inglês: *"A picture is worth a thousand words, and a model is worth a thousand pictures."*

Harley Earl ainda contribuiu no desenvolvimento de pinturas de camuflagem militar durante a Segunda Guerra Mundial, sendo sua contribuição publicada em 1942 por Henry Lauve, *Camouflage Manual for General Motors Camouflage School*. Detroit MI, General Motors (WILSON, 2007).

Em 1953, apresentou o projeto do Corvette para que Ed Cole, CEO da Chevrolet o produzisse. Foi apresentado no GM Motorama, um salão itinerante, como dream car de 1953, sendo produzido seis meses depois com poucas modificações. O Corvette é uma das divisões da General Motors com autonomia para desenvolvimento de design e engenharia (SLOAN, 1963).

O objetivo principal de Earl era apoiar a GM a vender mais carros através do design, construindo grande reputação, sempre captando antecipadamente o desejo do mercado americano.

Em síntese, Earl participou da criação dos seguintes conceitos:

1. O design como fator principal de vendas de automóveis
2. A profissão de designer de automóveis nos Estados Unidos
3. O *Concept Car* (Carro Conceito) ou *Dream Car* (Carro dos sonhos)
4. Mudança de estilo anual ou *Dynamic obsolescence*
5. Design moderno no processo de produção em massa
6. O *Motorama Show*
7. Modelos em *clay*

Aposentou-se em 1958, sendo substituído na vice-presidência de Design da GM por William Mitchell, seu pupilo direto. Faleceu aos 75 anos em West Palm Beach na Flórida em 1969 (GARTMAN, 1994).

Em dezembro de 1999, o jornal americano Detroit Free Press elegeu-o como o terceiro artista mais importante de Michigan no século vinte, atrás de Aretha Franklin e de Stevie Wonder.[9]

[9] Detroit Free Press. **Michigan's 100 Greatest Artists & Entertainers of the 20th Century**, Detroit Free Press, Detroit, Michigan, 12 dez. 1999.

## 1.4. William L. Mitchell (1912 –1988)

Vice-Presidente de Design da General Motors de 1958 a 1977

**Figura 19: Bill Mitchell. Fonte: GM Heritage Center.**

William (Bill) Mitchell nasceu em Cleveland, Ohio em 2 julho de 1912. Seu pai era um revendedor Buick e influenciou a preferência de Mitchell por automóveis. Em 1927 foi trabalhar na agência de publicidade Barron Collier Advertising de Nova Iorque, como *office boy*, trabalhando mais tarde em ilustração e layout. Através da amizade dos filhos de Collier, conheceu as corridas amadoras e foi convidado a criar desenhos para ilustrar os folders de programação dos eventos.

Mitchell estudou em 1930 no *Carnegie Institute of Technology* (atual *Carnegie Mellon University*) em Pittsburgh e no *Art Students League* de Nova Iorque de 1930 a 1931. Um amigo de Barron Collier recomendou que Mitchell entrasse em contato com Harley Earl na General Motors (AUTOMOBILE [...], 2004).

Em 15 de dezembro de 1935 Mitchell ingressou no *Art & Color Section* de Earl e em 1936 foi designado *Chief Designer* no recém-criado estúdio de design da Cadillac. Em 1º de maio de

1954 assumiu o posto de diretor de *Styling* da GM, abaixo de Earl. Quando Earl aposentou-se em 1958 Mitchell sucedeu-o na vice-presidência de *Styling* da GM. Teve de trabalhar para substituir o estilo de Earl nos automóveis da GM, como o excesso de cromados e rabos-de-peixe, presentes em quase toda a linha.

Foi responsável pelo design de 72 milhões de automóveis, entre eles o Buick Rivera, Chevrolet Camaro, Pontiac Firebird, Cadillac Seville e o Corvette.

Permaneceu na GM até sua aposentadoria compulsória em 1977. Faleceu em 12 de setembro de 1988 (AUTOMOBILE [...], 2004).

## 1.5. Irvin Rybicki (1921- )

Vice-Presidente de Design da General Motors de 1977 a 1986

**Figura 20: Irvin Rybicki. Fonte: GM Heritage Center.**

Irvin W. Rybicki foi o terceiro vice presidente de design da GM, sucedendo Bill Mitchell em 1977. Nasceu em Detroit, Michigan em 16 de setembro de 1921. Desde cedo demonstrou interesse por automóveis. Cursou a *Chadsey High School* de Detroit onde aprendeu artes antes de se graduar em 1940.

Após servir na Segunda Guerra Mundial, foi trabalhar no *Engineering Standards Laboratory* no campo de testes da GM em fevereiro de 1944. Em setembro de 1945 foi transferido para o GM Styling como designer junior quando o departamento retomou as atividades após a guerra.

Foi promovido a designer em 1947 e a sênior designer em 1950. Passou seis anos na Cadillac sob o comando de Bill Mitchell. Em 1956 foi nomeado *assistant chief designer* do estúdio Oldsmobile e ali permaneceu por cinco anos. Em fevereiro de 1962 foi transferido para o estúdio Chevrolet como *chief designer*. Em 1963 Rybicki e sua equipe apresentaram um modelo esportivo de quatro passageiros para ser posicionado abaixo do Corvette. Foi só com o lançamento do Ford Mustang em 1964 que a GM teve de reagir a prejuízos, com o projeto do Camaro, lançado em 1967 (GENERATIONS [...] IRVIN [...], 2012).

Em 1965 Rybicki foi nomeado chief designer do automóveis Chevrolet e caminhões GMC. Cinco anos depois foi promovido novamente para chief designer dos automóveis Chevrolet e Pontiac e dos caminhões Chevrolet e GMC (GENERATIONS [...] IRVIN [...], 2012).

As crises do petróleo de 1973 e de 1979 combinadas com o Ato de Conservação e Energia de 1975, forçaram a GM a construir carros menores e mais econômicos. A GM levou anos para criar os carros que o mercado consumidor desejava, enquanto os carros japoneses pequenos, econômicos e confiáveis ganhavam boa reputação no mercado americano. Não tendo a mesma personalidade e pulso forte dos seus dois predecessores, ao assumir a vice-presidência de design, Rybicki foi controlado por uma série de novos regulamentos federais e pelas diretivas de seus superiores na GM.

Problemas na interpretação de novas leis federais levaram a equipe de design a tomar uma série de decisões erradas que afetaram a aparência interior e exterior dos automóveis GM nos anos 1970 e 1980.

Quando Robert Lutz assumiu o cargo de vice *chairman* em 2004 para reestruturar a produção de novos veículos da GM, descobriu e relatou os problemas que encontrou na empresa em todas as áreas. Em sua autobiografia, Lutz relata que o grupo de engenharia estabeleceu ao longo de décadas um considerável conjunto de regras e critérios de projeto. Por exemplo, a distância relativa das rodas para os para-lamas, qual a inclinação do para-brisas para permitir visibilidade dos sinais de trânsito, como os cinzeiros deveriam abrir e fechar, que ele considerava bem intencionadas mas extremamente inibidoras na liberdade de criar belos carros (LUTZ, 2011).

Para conseguir o desenvolvimento do interior do Chevrolet Camaro 2006, Lutz relata que Anne Asensio, designer francesa que trabalhou na Renault antes de ingressar na GM, teve de travar uma batalha contra as “melhores práticas” de todas áreas funcionais (LUTZ, 2011).

A aposentadoria de Rybicki veio em 1986, sendo substituído por Charles Jordan. Seu legado está diretamente ligado às turbulências sofridas pela GM no período.

## 1.6. Chuck Jordan (1927-2010)

Vice-Presidente de Design da General Motors de 1986 a 1992

**Figura 21: Chuck Jordan. Fonte: National Corvette Museum.**

Nascido em 21 de outubro de 1927, Charles M. Jordan foi o quarto vice presidente de design da GM, cargo ocupado por apenas seis pessoas até hoje. Como tinha 59 anos quando assumiu o cargo em 1986, Jordan teve de se aposentar compulsoriamente após seis anos em 1992.

Formou-se engenheiro pelo MIT e venceu o concurso de modelos de automóveis promovido pela GM, o Fisher Body Craftsman's Guild. Foi contratado para o *Art & Color* em 1949. Cooperou com Earl no desenvolvimento dos "rabos-de-peixe" típicos dos anos 1950, participando inclusive no projeto do Cadillac Eldorado 1959. Também cooperou no projeto do Chevrolet Corvette 1958, do Buick Riviera 1963, do Chevrolet Monte Carlo 1973 e do Aerotrain, trem do futuro da GM. Aos 30 anos Earl nomeou-o *chief designer* do estúdio Cadillac. Foi depois nomeado para o cargo de diretor de design do grupo Opel na Alemanha, onde permaneceu até tornar-se presidente da GM em 1986 (MALIK, 2012).

Chris Bangle, ex-designer da BMW trabalhou na Opel quando Jordan era diretor do grupo nos anos 1980 (MOTOR, 2006). Mesmo discordando do trabalho de Bangle, Jordan o considerava importante e significativo, pois ele teve a coragem de mudar radicalmente a superfície dos automóveis com seus projetos na BMW.

Jordan criou o "estúdio do futuro" para explorar as capacidades do design por computador. Neste estúdio o software Alias StudioTools foi utilizado pela primeira vez, para criar modelos 3D em computador que são posteriormente utilizados para usinar modelos em *clay* de escala reduzida e real, por meio de fresadoras CNC. O software Alias StudioTools será descrito no capítulo 5 deste trabalho.

Quando aposentou, a equipe de design da GM era composta por seis estúdios e 1300 funcionários. Sucederam Jordan neste cargo, Wayne Cherry e Ed Welburn, atual vice presidente de design. Faleceu aos 83 anos em 9 de dezembro de 2010 (MALIK, 2012).

## 1.7. Patrick Le Quément (1945- )

Designer-chefe da Renault S.A. de 1987 a 2009

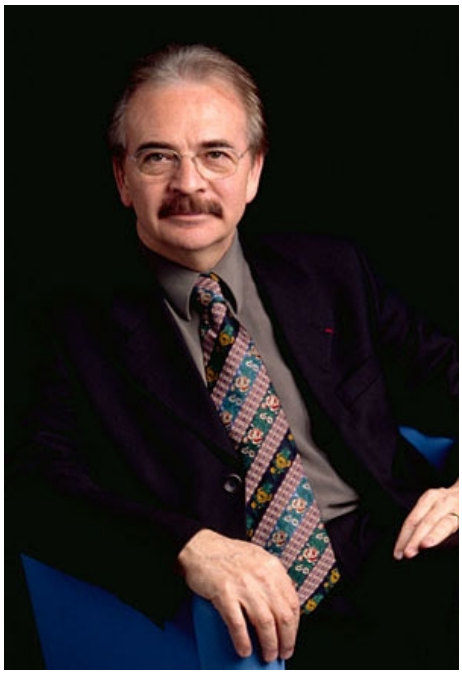

**Figura 22: Patrick Le Quément, na época da aposentadoria em 2009. Fonte: Car Design News.**

Patrick G. M. Le Quément (4/2/1945) é um designer atualmente aposentado, ex-*chief designer* da Renault. Nasceu em Marselha na França e viveu na Grã-Bretanha. Iniciou a carreira na Simca da França em 1966. Em 1968 retornou à Grã-Bretanha e ingressou na Ford, tendo assinado os projetos do Ford Cargo Truck (1969) e do Ford Sierra (1979), um marco importante na história do design dos automóveis. Passou 17 anos entre as unidades da Alemanha, EUA, Brasil, Austrália e Japão. Em junho de 1985 ingressou no grupo Volkswagen para criar um centro de design avançado. Em 1986 ingressou na Renault como vice-presidente de design com liberdade total para reestruturar o grupo de design com o objetivo de transformá-lo em uma ferramenta corporativa estratégica (GALLINA, 2009).

Seu grupo criou o Twingo, Megané, Scénic, Espace, Kangoo, Laguna 94, Avantime e Vel Satis 2002. Neste grupo destacou-se a designer Anne Asensio, cujo “toque feminino” caracterizou a Renault nos anos 90 e introduziu o conceito de mini-van (LEWIN, 2003). Asensio posteriormente trabalhou na GM no desenvolvimento do carro-conceito Chevrolet Camaro apresentado no Salão de Detroit de 2007 (DESIGNER [...], 2006).

Le Quément conheceu Naum Slutzky, reconhecido professor do Birmingham College of Art and Design, quando estudou design industrial na instituição (BRY, 2012). Slutzky nasceu em Kiev em 1894 e estudou ourivesaria em Viena. Em 1910 aceitou o convite de Walter Gropius para ser assistente de ourives e depois mestre ourives na oficina de metais da Bauhaus (*Bauhaus Metallwerkstatt*). Em 1933, fugindo dos nazistas, foi para Birmingham onde após trabalhar por um breve período como designer, foi lecionar na Birmingham College of Art and Design.

Slutzky propôs uma nova abordagem de ensino, descreveu le Quément, tendo de começar a aprender do zero em todos os fundamentos inclusive nas artes, criando uma nova palheta mental, "[...] esquecendo tudo o que havia sido aprendido até então." (BRY, 2012, tradução nossa)[10]. A organização de idéias deveria englobar análise, razões, justificativas, argumentos, demonstrações, teoria e principalmente discurso. Le Quément afirma: "De fato, deveríamos discutir, deveríamos explorar conceitos verbalmente tanto quanto desenhar. E deveríamos desenhar utilizando as técnicas praticamente similares aos de um departamento de engenharia." (BRY, 2012, tradução nossa)[11]

Assim, le Quément adquiriu a percepção de que a tecnologia poderia ser convertida em estilo, mas com o princípio de que a forma segue a função. A relação entre arte e tecnologia deveria ser o tópico central e obsessivo das discussões nas quais Slutzky enfatizava que o desafio seria harmonizar esta relação (entre arte e tecnologia). O ponto principal seria introduzir qualidade em todo e qualquer design. Ainda de acordo com le Quément, Slutzky desencorajava iniciar o design com desenhos, o projeto deveria começar pelo ato de pensar e somente depois, desenhar (BRY, 2012).

Portanto, nos seus estudos, le Quément aprendeu a combinar tecnologia com processos criativos adicionados à capacidade de expressão gráfica e oral simultaneamente. Nas apresentações dos projetos do curso, os discursos deveriam fazer parte da conclusão da apresentação para que os professores aferissem a qualidade, conexão visual e verbal, clareza de expressão e ainda verificar a pesquisa realizada (BRY, 2012).

---

[10] Do inglês: "*We had to begin again from zero, by getting back to fundamentals far more basic than any fundamental of the past: the most basic, essential fundamentals possible.*"

[11] Do inglês: "*In fact, we would discuss, we would explore concepts verbally as much as if not more than we would draw. And we would draw employing techniques almost like we were in an engineering department*."

Profissionalmente, le Quément afirma (BRY, 2012) que conheceu seu grande mentor em design de automóveis quando trabalhou na Simca. Lá ele trabalhou sob a tutela de John Pinko, ex-designer da Ford, e conhecido como um dos designers do Ford Mustang.

Recebeu vários prêmios incluindo o Grande Prêmio Nacional para Desenho Industrial em 1992, o título de doutor da *University of Central England* em 1996, de Cavaleiro da Ordem Nacional da Legião de Honra da França em 1998 e o *Raymond Loewy Designer of the year Award* em 2002. Aposentou-se em 10 de abril de 2009, cedendo o posto a Laurens van der Acker, ex-*head of Design* da Mazda (GALLINA, 2009).

Para Le Quément, um bom design de carro pode ser resumido em fazer da vida, ou do automóvel, um pouco menos brutal, citando Walter Gropius. (LIVINGSTONE, 2005, tradução nossa)[12]

O mérito de le Quément foi tentar demonstrar que o consumidor considera o conjunto artístico completo do automóvel e não somente o seu conjunto técnico. Propôs então a obsolescência do conceito de "*dress-up for sell*", ou seja, "maquiar" para vender que caracterizou a indústria automobilística até então.

[12] Do inglês: "*I think good car design is moving design. Walter Gropius said that 'the mission of the designer is to instil a soul in the product born dead of the machine'. This is our greatest role - to make life a little less brutal*."

## 1.8. Chris Bangle (1956- )

Designer-chefe da BMW de 1992 a 2009

**Figura 23: Chris Bangle. Fonte: Car Body Design.**

**Christopher Edward Bangle** (14/10/1956), designer, nascido em Ravenna, Ohio, EUA. Tornou-se conhecido por seu trabalho no grupo BMW, onde foi responsável pelos projetos da BMW, MINI e Rolls-Royce. Tornou-se o primeiro chief designer da BMW de origem norte-americana, criando grande controvérsia entre os designers de automóveis através do apelo visual forte em seu trabalho (INTERVIEW [...], 2006). Após 17 anos, em 3 de fevereiro de 2009 anunciou sua saída do grupo BMW e também do mundo automotivo, sendo substituído por Adrian van Hooydonk (LIVINGSTONE, 2009).

Em termos de profissão, Chris Bangle tornou-se ícone dos anos 2000 ao atuar não apenas no design de automóveis, mas também por participar e opinar ativamente no questionamento do papel do designer.

Bangle e sua equipe trabalharam com diversas idéias para repensar a superfície dos automóveis. O projeto GINA, de 1999, quando lançado suscitou diversas discussões de designers fora do mundo automotivo a respeito do “carro ideal” (SMITH, 2010). A idéia das experiências era não só obter um bom balanço entre estética e sustentabilidade, mas também para por um fim no fetichismo da superfície perfeita. O BMW GINA *Light Visionary*

*Model Concept* é um protótipo apresentado ao público pela BMW em junho de 2008. Sua principal característica é a carroceria articulada de tecido flexível. Bangle e sua equipe usou-o para mudar os processos e conceitos tradicionais na construção das superfícies dos automóveis.

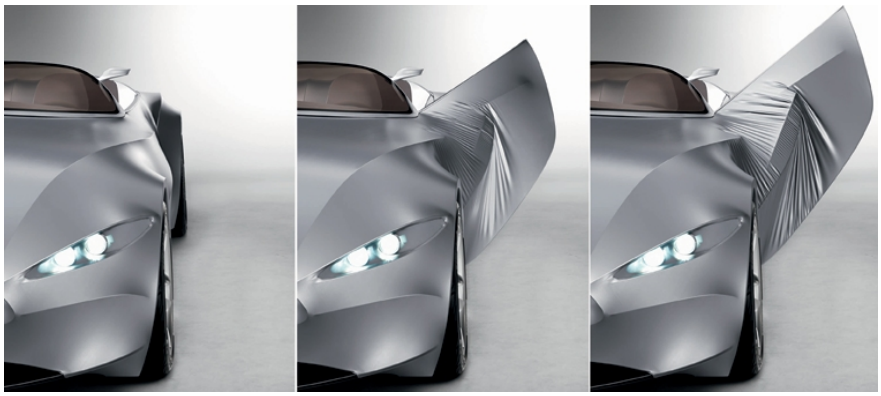

**Figura 24: Carro conceito BMW GINA. Fonte: BMW of North America.**

Seu trabalho mais controverso foi o BMW E65 Série 7 de 2001. Foi nomeado pela revista Time como um dos 50 piores carros de todos os tempos e ao mesmo tempo foi o mais vendido Série 7 da história da BMW (LEWIN; BORROFF, 2010). Em entrevista à *Business Week Magazine* (apud LEWIN; BORROFF, 2010, p.161), Bangle disse que não estava copiando a linguagem de design de ninguém, nem mesmo deles (BMW) e que isso provavelmente deixou algumas pessoas desconfortáveis. Segundo Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010), este tipo de “desconstrução” do design do automóvel nunca havia sido tentada nesta escala de produção.

O crítico Sam Livingstone da Royal College of Art afirmou que Bangle se tornou o designer de automóveis que todo mundo amava odiar, inventou o *flame surfacing* (uma referência as superfícies complexas que criou para os carros da BMW) e "rasgou o manual" do design de automóveis (LIVINGSTONE, 2009). Nos anos 1990, completa Livingstone, a linha de automóveis BMW era composta por modelos de desenho discreto que coexistiam harmoniosamente. Quando assumiu o cargo de diretor de design em 1992, Bangle foi instruído a manter a tradição conservadora da marca. Ao observar que o design conservador do BMW série 7 era o mesmo design do Série 5 em escala aumentada e que o Série 3 era uma redução do Série 5, Bangle convenceu os executivos da BMW a mudar a estratégia de design por meio de inovações estéticas e criando uma nova linha de veículos com design

distinto, sem a tradicional estratégia de design corporativo do fabricante alemão. Com essa posição, Bangle conseguiu ser criticado por consumidores, executivos da BMW e pelos outros designers de automóveis. Para seus críticos, Bangle mudou o que não estava quebrado.

Bangle afirmou que refletiu a respeito da frase citada por um cientista, de que “Uma cultura pode ser avaliada pelas questões que levanta.”. Em suas palavras, ele perguntou “O design de carros é uma cultura? Se é, que tipo de questões estamos fazendo?” continuando com “[...] se fizermos a pergunta certa,[...] talvez acabemos por abrir algumas portas que não gostaríamos de abrir.” (LIVINGSTONE, 2008).

Em discurso da turma de graduação do UMEA Institute of Design Bangle disse que “[...] há toda uma cultura olhando para o vazio do futuro. E é assustador quando novos significados da própria cultura estão surgindo.” (SMITH, 2010). Ao final deixou uma mensagem aos alunos: “Saibam que cultura é importante, desafia tudo, porém o mais importante é ser corajoso e simplesmente fazer o que tem que ser feito.” (SMITH, 2010).

# 2

# 2. O *Art and Color Section* da GM

## 2.1 A criação do Art and Color Section

Na indústria automotiva, um novo carro é concebido através do processo de projeto estabelecido por Harley Earl na General Motors nos anos 1920. Wilson, (2007, p.57, tradução nossa) afirma que: "Earl pode ser considerado como o pai da profissão de designer automotivo. Detroit não havia visto técnicas como as dele antes. Ele foi o primeiro a utilizar desenhos modelos tridimensionais em *clay* em escala real antes da construção de protótipos."[13] O próprio Harley Earl dizia que "Uma imagem vale mais do que mil palavras, e um modelo [tridimensional] vale mais do que mil imagens." (WILSON, 2007) Ele era descrito como um *flamboyant*, expressão em inglês que descreve a pessoa ousada, exibida e inflamada.

Os dois personagens principais relacionados ao *Art and Color Section* (A&C) da General Motors são Alfred Sloan e Harley Earl, e suas biografias são apresentadas mais detalhadamente no capítulo 1 deste trabalho. De acordo com Gartman, Earl e Sloan formavam uma dupla bastante bizarra. Sloan era o típico homem de negócios, defensor da burocracia corporativa, nascido em Nova York, calmo, vestia-se conservadoramente e raramente se emocionava, nem ao menos com automóveis. Opostamente, Earl era agitado,

[13] Do inglês: *"Earl can legitimately be called the father of the automotive design profession. Detroit had never seen techniques like his before. He was the first to do fullsized drawings and full-sized clay models before building prototype vehicles."*

atlético, californiano bronzeado e entusiasta de automóveis.[14] (GARTMAN, 1994, p.4, tradução nossa)

## 2.2 A General Motors reorganizada por Alfred Sloan

**Figura 25: Alfred Sloan e Harley Earl na aposentadoria de Earl em 1958. Fonte: General Motors Archive.**

Quando assumiu a presidência da General Motors em 1923, Sloan teve a tarefa de competir com o domínio da Ford nos anos 1920, que detinha 55,67% do mercado americano de automóveis em 1921 e a GM 12,73% (TEDLOW, 1988).

A produção do Ford Modelo T iniciou-se em 1908 através de um modelo barato, sólido e simples, aliado à contínua redução dos custos de fabricação e ao ápice da indústria na época, a linha de montagem introduzida por Henry Ford.

[14] Do inglês: *"Earl and Sloan were one of the industry's oddest couples. Sloan was the original organization man, a dispassionate champion of corporate bureaucracy and the bottom line. A frail, pale New Yorker who dressed conservatively, Sloan seldom got excited about anything, much less automobiles. By contrast, Harley Earl was a flashy, brash, athletic, perpetually tanned Californian who was easily excited, especially by cars."*

De acordo com Gartman, a estratégia de cortar custos para competir com a Ford não funcionaria pelas seguintes razões:

- Havia limite para a redução de custos. A mão-de-obra resistia à redução de salários e as mudanças na produção ficavam cada vez mais caras e pouco efetivas.
- A demanda para carros de baixo custo passou a ser suprida pelos veículos usados, especialmente depois que os primeiros compradores trocaram seus veículos por novos.
- O consumidor, principalmente o americano, depois do seu primeiro automóvel, demandava mais conforto, conveniência e estilo, exatamente os pontos que faltavam ao Ford. (GARTMAN, 1994)

Gartman afirma ainda que a padronização do design fazia com que o consumidor americano se lembrasse do sofrimento com o trabalho apressado e fragmentado das fábricas, levando o Modelo T à uma estigmatização de seu usuário de tal forma que a cultura popular tratou de degradá-lo (GARTMAN, 1994).

Em 1926, Henry Ford tentou atualizar o estilo do Modelo T, criando o Modelo A. Para dar lugar à produção do novo Modelo A, a Ford teve de parar completamente sua fábrica por um ano, de 1927 a 1928, reconstruindo todo o ferramental dedicado ao Modelo T. Foi necessário literalmente jogar no lixo 15.000 máquinas e executar a reconstrução total de outras 25.000, além de se gastarem 5 milhões de dólares em novas matrizes de estampo. (KEITH, 1968 apud TEDLOW, 1988)[15].

A General Motors adotou uma estratégia que a tornou empresa líder no mercado até os anos 1970. William Durant, como descrito no capítulo 1, fundou uma holding em 1908, com o objetivo de monopolizar o mercado de automóveis. Em 1920, através de uma série de movimentações financeiras mal-sucedidas, acabou por deixar o controle da empresa a Pierre du Pont, que indicou Alfred Sloan como vice-presidente executivo (vice-CEO). Sloan considerava impossível competir com a Ford simplesmente reduzindo preços, dizendo que "Não existe dinheiro suficiente nem mesmo no Tesouro Americano que possa sustentar as

[15] KEITH, Sward. **The Legend of Henry Ford**. New York: Atheneum, 1968. 550 p.

perdas necessárias para tomar a fatia de mercado da Ford em seu próprio jogo." (SLOAN, 1963)

Adotando outra estratégia, Sloan sugeriu estabelecer uma hierarquia de preços para produtos especializados em cada fatia de mercado, evitando a competição entre as próprias marcas. Em cada categoria, a GM colocaria um produto ligeiramente superior ao da concorrência tanto em qualidade quanto em preço. Essa estratégia revela a percepção de Sloan a respeito das mudanças dos desejos do consumidor no mercado automobilístico. As políticas de financiamento facilitaram a compra do carro novo que deveria ter mais qualidade, seguindo a ascensão de classes sociais do consumidor. Assim, a cada ano, a GM ofereceria um novo modelo que seria maior e melhor, induzindo o comprador através da negociação do veículo usado.

Para colocar em prática as novas políticas divisadas, Sloan dispunha de uma estrutura de engenharia bastante eficiente, liderada por Charles Kettering. Na engenharia, Kettering ficou conhecido por diversas invenções inovadoras na área automotiva, como a partida e ignição elétricas, o gás *Freon* para sistemas de ar-condicionado e a pintura Duco, que permitiu a aplicação prática de diversas cores nos automóveis. Para Kettering, melhor qualidade significava mais economia e melhor desempenho técnico, e Du Pont acreditava nessa máxima através do desenvolvimento de um novo e revolucionário motor refrigerado a ar – chamado de *copper-cooled engine* –, planejado para ser lançado em 1923 para competir com Ford. Problemas no desenvolvimento atrasaram o lançamento do carro, o que levou Sloan a reclamar com Kettering e afirmar que a GM "deveria fazer dinheiro e não apenas veículos motorizados" (SLOAN, 1963, p.70). Concluiu ainda que a busca deste sonho de engenharia por um automóvel tecnicamente superior estava interferindo com a mentalidade comercial do plano estratégico da empresa (SLOAN, 1963, p.175).

Assim, o Chevrolet Superior 1923 foi lançado sem o motor inovador de Kettering, incorporando apenas mudanças estéticas sobre uma mecânica com nove anos de idade. As boas vendas deste novo carro estimularam Sloan a ponderar a respeito de que mudanças cosméticas relativamente baratas e planejáveis eram mais palatáveis à sua mentalidade comercial do que as caras e arriscadas inovações tecnológicas. Sloan escreveu em seu plano que oferecer carros com melhor qualidade "é válido se nossos carros forem pelo menos

tecnicamente iguais aos dos nossos concorrentes, de tal maneira que não seja necessário liderar ou arriscar." (SLOAN, 1963, p.72). Já Gartman sugere que assim tornou-se política importante da GM não inovar na engenharia mecânica dos automóveis. (GARTMAN, 1994, p. 8)

Assim, ao assumir a presidência da GM em 1923, Sloan implementou sua estratégia de oferecer automóveis com melhor qualidade concentrando-se em melhorar o estilo ao invés da engenharia. Em uma carta para Harry Bassett, Sloan escreveu que era perceptível o quanto a boa aparência está relacionada a boas vendas, pois naquele momento todos os carros se equiparavam mecanicamente e que então o futuro da GM deveria se apoiar nos desejos individuais dos consumidores pelo design. (SLOAN, 1963, p.311)

Esta política de Sloan pedia não apenas uma melhor aparência, mas também exigia uma eterna e contínua mudança de estilo para estimular constantemente as vendas dos automóveis, que foi consolidado no seu plano de mudanças anuais chamado de *annual model change*. A indústria automobilística introduzia mudanças mecânicas regularmente, em geral para melhorar a qualidade do uso ou do desempenho, de maneira discreta e sem mudar a aparência do carro por anos. Essa política de Sloan por mudanças de estilo anuais espalhou-se rapidamente pela indústria automotiva (TEDLOW, 1988).

Em meados dos anos 1920, com a queda nas suas vendas, Henry Ford reduziu ainda mais os custos para tentar recuperar-se. Um Modelo T 1915 custava US$440,00 e em 1924, US$260,00. Mesmo com este corte drástico no preço, dos mais de 50% do mercado que detinha em 1923 até 1927, a Ford caiu até ficar com somente 15% de participação no mercado mundial. (GEORGANO, 1985)

Tradicionalmente, mesmo na GM, introduzia-se a mudança continuamente, sempre que novas tecnologias estivessem disponíveis. Sloan considerava que as mudanças regulares de estilo exigiam alterações significativas na produção das carrocerias, portanto seria importante mostrar ao público o progresso pioneiro da GM através de campanhas de marketing do estilo dos novos veículos e não das melhorias técnicas. Com a adoção da política "*better quality, constantly improving cars*", faltava a Sloan cobrir todo o mercado de

automóveis, evitando dominar um único segmento, mas concentrando-se em aumentar as vendas em todos as parcelas de mercado (TEDLOW, 1988).

Sloan estava aplicando as técnicas de produção em massa de Ford para produzir muitos automóveis e em uma grande variedade de modelos.

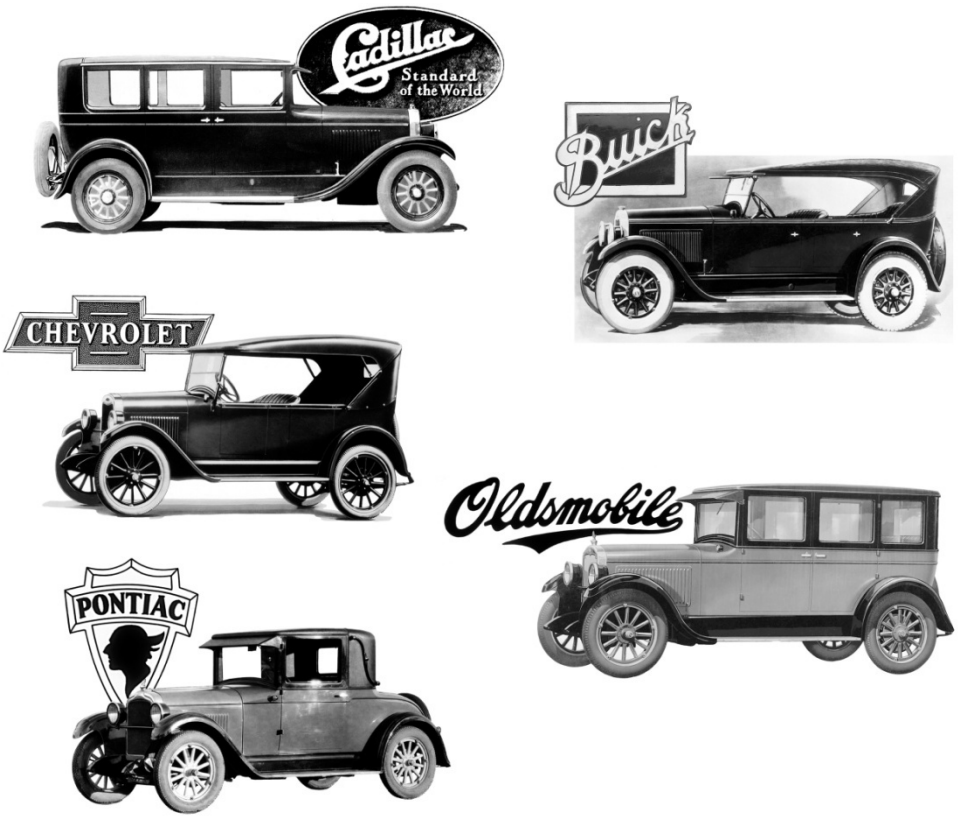


**Figura 26: Segmentação da linha GM por mercados através de cinco marcas.**
**Fonte: GM Heritage Center / Wieck Media Services.**

Conseqüentemente, organizou a empresa em cinco marcas que deveriam atuar em seis faixas de preço diferentes, especializando-se em um segmento do mercado, para que, através do compartilhamento de componentes padronizados as divisões conseguissem o obter aumento no volume de produção e redução de custos (TEDLOW, 1988).

Do mais barato ao mais caro, seriam Chevrolet, Pontiac, Oldsmobile, Buick e Cadillac, cada marca compartilhava com a superior e a inferior um conjunto de chassis e motor, o que tornava necessário diferenciá-los através da carroceria e de alguns detalhes técnicos. Sloan reportou: "As pessoas gostam de coisas diferentes [...] É perfeitamente possível, do ponto de

vista técnico e produtivo fazer dois carros com uma diferença não muito grande nos preços [...], mas consideravelmente diferentes em aparência [...], construídos com as mesmas ferramentas." (SLOAN, 1963, p.207-208)

Em 25 de maio de 1927, depois de muita relutância, Henry Ford anunciou que iria parar de produzir o Modelo T para se concentrar nas ferramentas de produção de um novo automóvel, o Modelo A (TEDLOW, 1988). Nesse mesmo ano, a GM apresentou o LaSalle, produto da divisão Cadillac, que foi o primeiro automóvel produzido em massa a ter a aparência concebida de ponta a ponta por um único profissional, Harley Earl (LAMM, 1990).

**Figura 27: Charles Lindbergh posando ao lado do seu Cadillac LaSalle 1927 em 15 ago. 1927. Fonte: Richard Stanley, charleslindbergh.com.**

Havia uma empresa distribuidora de Cadillacs na Califórnia, chamada Don Lee. Earl trabalhava nesta empresa criando carrocerias para diversos clientes da elite de Hollywood e foi onde conheceu Lawrence (Larry) P. Fisher, diretor (*head of division*) da Cadillac, em uma festa (LAMM, 1990, pp.62). Foi quando Earl disse a Fisher: “Posso fazer um carro, como o seu Chevrolet, parecer-se com um Cadillac”. E Fisher respondeu que se pudesse fazê-lo, estava contratado (GARTMAN, 1994, p.12).

De acordo com Gartman, dois aspectos impressionavam Fisher. Primeiro a utilização de modelos em escala real construídos em *clay*, ao contrário dos outros designers que utilizavam madeira. Segundo, Earl concebia todas as partes visíveis do automóvel como um conjunto, ao invés das outras empresas que se concentravam exclusivamente no desenvolvimento da carroceria (GARTMAN, 1994). Naquela época, um engenheiro estilista cuidava do design da carroceria e delegava a outros o desenho dos demais componentes como maçanetas, faróis, radiador etc.

**Figura 28: Modelo em *clay*. Fonte: Design Studio Pro - *Clay* Modelers.**

**Figura 29: Modelo em *clay* do Cadillac Aerodynamic Coupé 1933. Fonte: GM Heritage Center.**

A aparência de luxuosos carros "feitos à mão" era obtida pela integração visual do design dos projetos de Earl, que eram cruciais nos planos de Sloan e Fisher para a Cadillac. Lawrence Fisher foi presidente da Cadillac de 1925 a 1934, e era o mais *flamboyant* dos sete irmãos Fisher, que fundaram a Fisher Body em 1908. A criação do LaSalle foi crucial nos planos de Sloan para preencher as lacunas entre a Oldsmobile e a Cadillac em sua estrutura

escalonada. O novo Cadillac custaria cerca de US$2.000, quando o Cadillac mais barato da época custava US$3.000 (SLOAN, 1963, p.313).

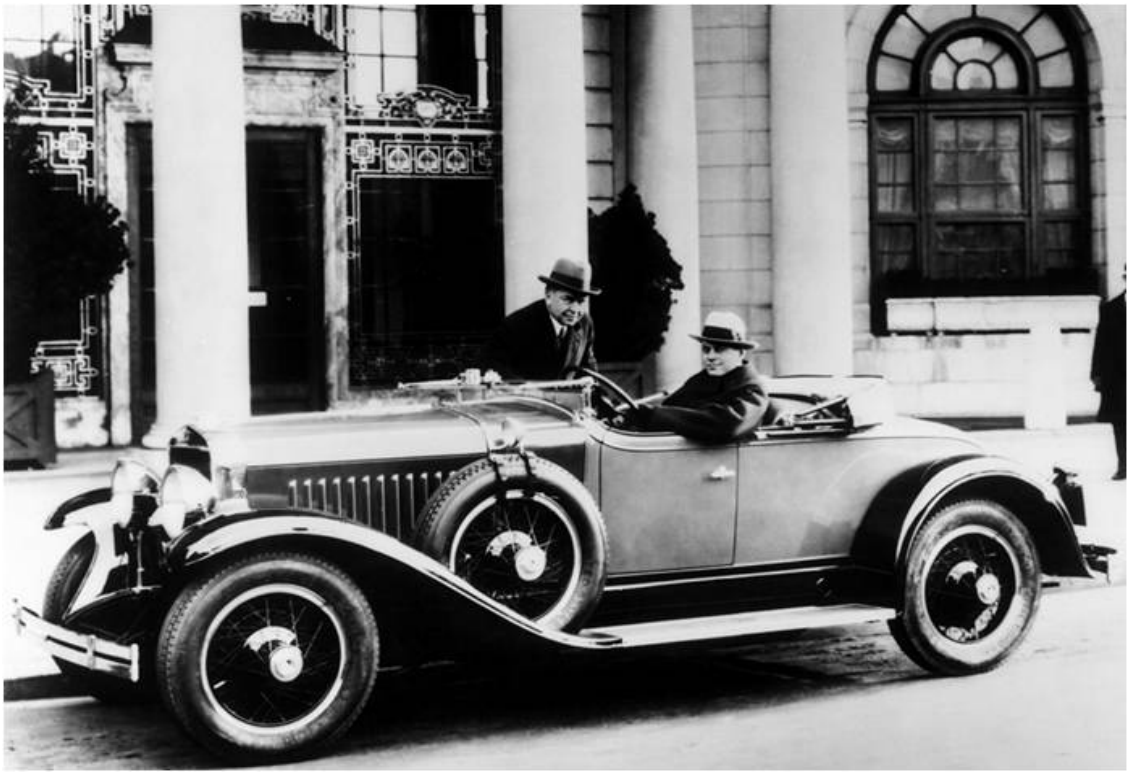

**Figura 30: O designer Harley Earl sentado no Cadillac LaSalle 1927; ao fundo Larry Fisher. Fonte: General Motors Archive.**

Em 23 de junho de 1927, o Comitê Executivo da General Motors aprovou as recomendações de Sloan sobre a criação de um novo departamento para estudar a questão das combinações artísticas dos produtos da GM e para contratar Harley Earl como diretor (*Head*), afirma Gartman (1994, p.13). O *Art and Color Section* foi o primeiro departamento de design ou de estilo da indústria automotiva.

Esse departamento era inicialmente composto por cinqüenta profissionais, sendo dez designers e os demais encarregados das atividades de produção, ferramentaria e administrativas. O papel de Earl seria encabeçar o novo estúdio no desenvolvimento do exterior (*body design*) e conduzir programas de pesquisa e desenvolvimento de projetos especiais (SLOAN, 1963, p. 269).

O estúdio seria incorporado ao organograma da empresa, mesmo recebendo verbas através da Fisher Body Division, subsidiária responsável pela construção da carroceria dentro da GM. Sloan estava preocupado com o impacto deste novo departamento nas divisões e sentiu inicialmente que deveria solicitar o apoio e prestígio de Fisher, o então presidente da Cadillac. Entretanto, ponderando a respeito de possíveis obstáculos, Sloan informou a todos os presidentes que o *Art & Color* estaria diretamente subordinado à ele, o presidente (*Chief Executive Officer*) da GM. Sloan afirma que "com o apoio de Fisher e o meu próprio, eu espero, [o Art & Color] será aceito pelas divisões."[16] (SLOAN, 1963, p. 270, tradução nossa).

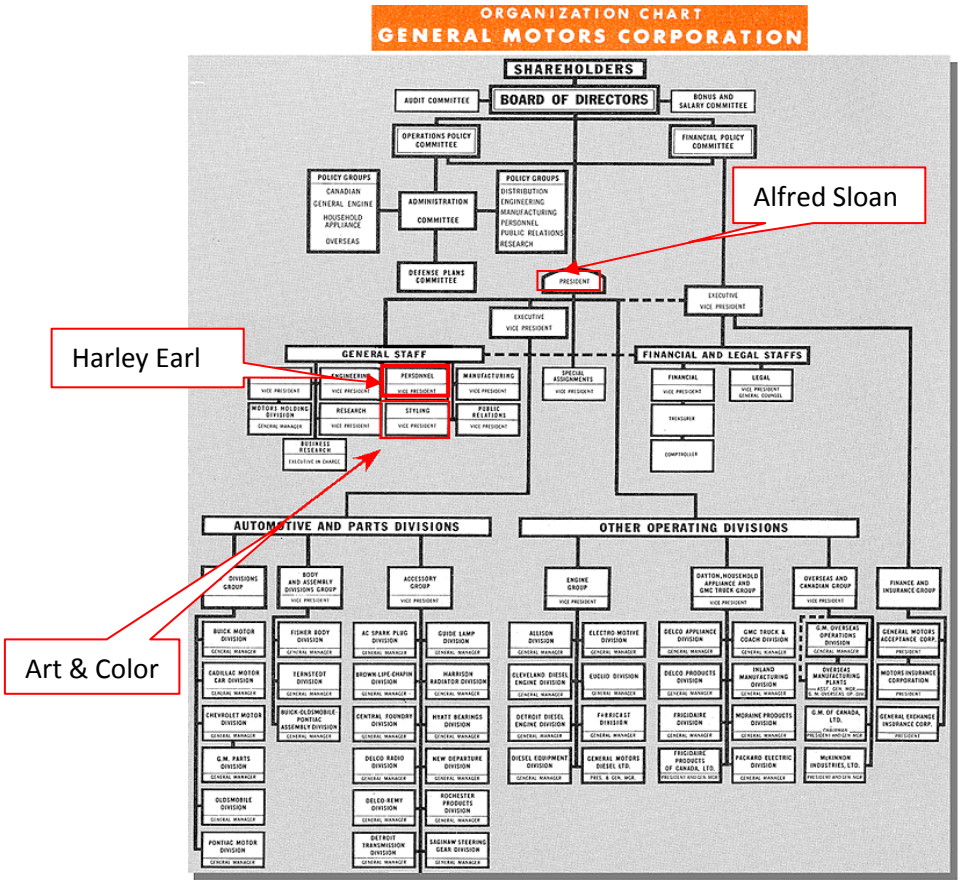


**Figura 31: Organograma da General Motors. Fonte: General Motors Archive**

O *Art & Color Section* abriu caminho para que na GM, a forma e a função tivessem a mesma importância, tornando as decisões do design tão importantes quanto as da engenharia e do departamento financeiro.

[16] Do inglês: "*With the support of Mr. Fisher and myself, the new section, I hoped, would be accepted by the car divisions*"

## 2.3 A consolidação do poder do *Art & Color Section* na estrutura corporativa GM

Logo após a criação do *Art & Color Section*, Fisher e Earl viajaram pela Europa para estudar o estilo do automóvel europeu. Naquela época, muitos daqueles automóveis eram mecanicamente superiores e mais bonitos do que os americanos, mas fabricados em número relativamente pequeno.

Mesmo com o sucesso do LaSalle em 1927, a aceitação do *Art & Color* dentro da GM foi lenta. Como Sloan descreveu, os designers apresentavam mudanças tão grandes que deixavam perplexos e preocupados os executivos das divisões e o departamento de vendas. Principalmente porque o *Art & Color* seria controlado por apenas uma pessoa, com a possibilidade dos carros da GM se assemelharem e conseqüentemente competirem uns com os outros. Para evitar esta percepção, o *Art & Color* tinha um estúdio isolado para cada divisão, nos quais somente Earl circulava por todos.

O mercado colaborou para mostrar claramente que a aparência fazia vender os carros. Sloan escreveu em 1927 para William Fisher, então presidente da *Fisher Body Corporation*, afirmando que "[...] o futuro da GM seria medido pela "atratividade" colocada nas carrocerias com a intenção de indicar luxo e ser agradável aos olhos, tanto em termos de forma quanto de cores, permitindo diferenciá-los da concorrência."[17] (SLOAN, 1963, p. 272, tradução nossa) Ou seja, ele vislumbrava que o design da GM deveria fazer o automóvel parecer mais caro e luxuoso para que se destacasse e vendesse mais.

O *Art & Color* teve de se estabelecer em um ambiente no qual os engenheiros não estavam dispostos a colaborar. Para um técnico acostumado a cortar custos, calcular, dimensionar e organizar a produção racionalmente, o design ou estilo era algo que não pertencia às fábricas, pertencia aos salões de beleza. E Earl representava o oposto dessa mentalidade –

[17] Do inglês: "*To sum up, I think that the future of General Motors will be measured by the attractiveness that we put in the bodies from the standpoint of luxury appointment, the degree to which they please the eye, both in contour and in color scheme, also in the degree to which we are able to make them different from competition.*"

vindo de Hollywood, ambientado na indústria do cinema e do entretenimento. Quando chegou a Detroit, ele não foi recebido com cordialidade. Os engenheiros e técnicos trabalhavam o automóvel como um meio de transporte utilitário e não como uma obra de arte etérea. Na época da criação do *Art & Color*, esta visão utilitária predominava em Detroit, portanto Earl foi combatido pelos engenheiros e gerentes de produção durante toda sua carreira. (GARTMAN, 1994, p.14)

Sloan tinha consciência dos conflitos que surgiriam ao implantar o *Art & Color*, pois deu poder para as divisões decidirem seus projetos de maneira autônoma. Para evitar o surgimento destes conflitos, Sloan colocou o *Art & Color* diretamente sob seu controle e ambiguamente, não deu poder de autoridade ao *Art & Color* sobre as divisões. Em 1920, com a necessidade de unificar as empresas pulverizadas de Durant, Sloan estabeleceu as políticas divisionais da GM ao mesmo tempo em que mantinha sob seu comando o único setor que não podia ser medido por números ou controlado por regras, o *A&C*.

Por conta de sua preocupação em aplicar a criação artística na produção dos automóveis, Sloan enfrentava o problema de combinar esses dois campos completamente opostos, arte e engenharia. Mesmo com este apoio de Sloan, Earl enfrentou muitas vezes a resistência dos executivos. Apenas os presidentes Larry Fisher da Cadillac e Bill Knudsen da Chevrolet buscavam os conselhos do novo *Art & Color*. Os outros se incomodavam com o "*pretty boy*" californiano que naquele momento estava mostrando aos engenheiros como construir carros.

"Os engenheiros da Fisher Brothers viam os estilistas (designers) como um bando de 'fadas' inúteis e afeminados, cuja interferência no design era injustificável."[18] (GARTMAN, 1994, p.16, tradução nossa)

Mesmo quando um executivo aceitava o design de Earl, os engenheiros preferiam alterá-lo de acordo com o que achavam adequado. Uma destas alterações resultou no Buick 1929, que ficou conhecido popularmente como "*pregnant*" (grávido) Buick. A expressão foi dita por Walter Chrysler, na época um dos membros do conselho da GM e foi assim que ficou

[18] Do inglês: *"Engineers like the Fisher brothers thought of the stylists as a bunch of worthless 'fairies' and 'pantywaists', whose interference in design was unjustified."*

conhecido o primeiro automóvel projetado pelo *Art and Color Section* (EDSALL, 2008). Earl ficou "furioso", com o carro que foi produzido e que foi efetivamente um fracasso nas vendas, levando a Buick a uma queda de trinta e sete por cento nas vendas (BAYLEY, 1983, p.44).

De acordo com Earl:

> *I designed the 1929 Buick with a slight roundness both ways from the beltline highlight, and it went into production. Unfortunately...the factory pulled the side panels in at the bottom more than the design called for. In addition, five inches were added to the vertical height, with the result that the arc I had plotted was pulled out of shape in two directions, the highlight line was unpleasently located, and the effect was bulgy...I was unaware of what had happened until I later saw the completed cars. Of course, I roared like a Ventura sea lion but it was too late to keep car buyers from having a lot of fun naming the poor enceinte Buick.* (apud BAYLEY, 1983, p.45)

"O Buick 'grávido' foi a chance que Earl precisava para reiterar sua posição de controlar unilateralmente todo o design da GM." (SLOAN, 1963, p. 313), consolidando desse modo a importância do design na GM e na indústria automotiva. Ao mesmo tempo, Sloan percebeu que o mercado aceitaria sim mudanças radicais no design, desde que estas viessem em passos moderados, pois mudanças muito rápidas deixaria os consumidores desorientados (BAYLEY, 1983, p.44).

Havia conflitos também no departamento de vendas, pois os gerentes de vendas das divisões acreditavam que a proximidade maior com o mercado lhes dava um conhecimento mais privilegiado do mercado. Assim como os engenheiros, o departamento comercial considerava que se um modelo vendia bem não haveria razão para mudá-lo.

Com somente dois padrinhos da alta direção e alguns projetos bem sucedidos, Earl valeu-se de seus próprios recursos para estabelecer o poder de decisão do design como um fator bastante considerável dentro da GM. Por isso, foi no quesito gerencial que o talento Earl se destacou, pois de acordo com Gartman (1994, p.17), ele não era percebido como um designer revolucionário.

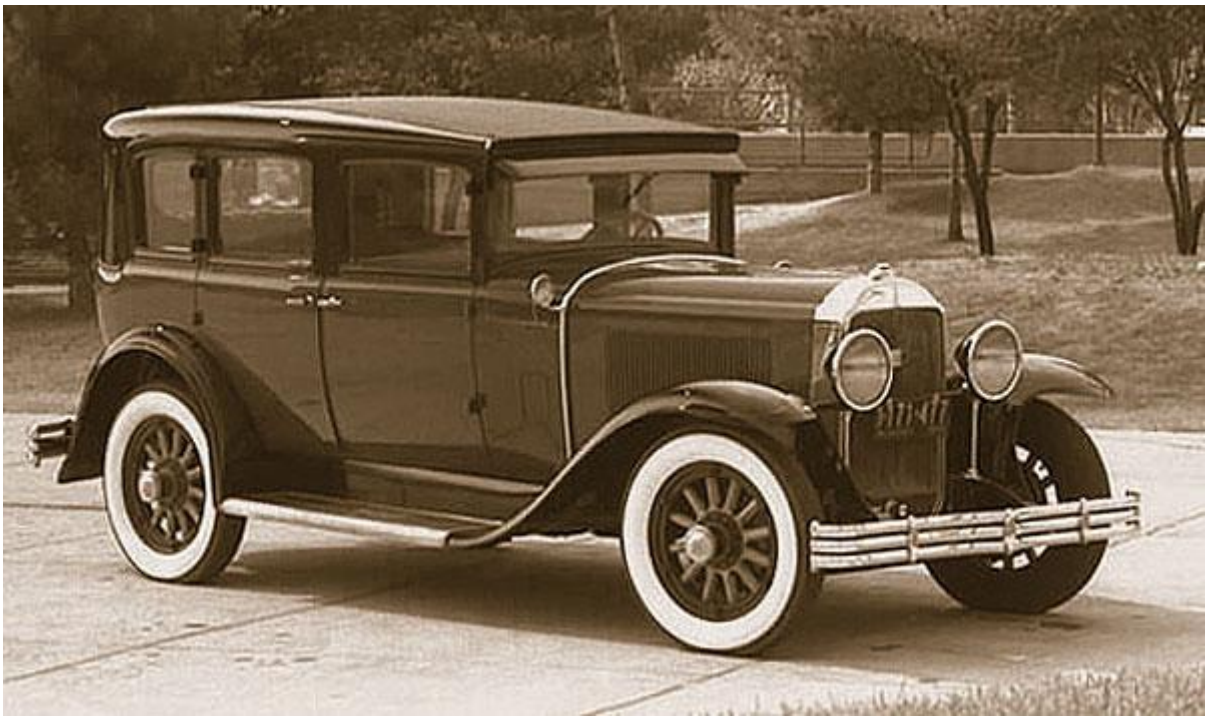

**Figura 32: O Buick "grávido" de 1929. A linha de caráter ou shoulder line foi arredondada para facilitar a produção dos painéis pela estamparia. Para a época, cujo padrão estético eram linhas retas e cantos vivos, o Buick 1929 causou estranheza. Fonte: Autonews.com.**

Gartman também afirma que as pessoas que trabalharam com Earl concordavam que ele não desenhava e que raramente colocava suas idéias no papel. Tampouco era articulado verbalmente, gaguejando frequentemente e utilizando metáforas, principalmente de cunho sexual para descrever visualmente suas idéias por que faltava-lhe o vocabulário técnico de projeto. (GARTMAN, 1994, p.17)

A sua visão crítica sobre o que atrairia o consumidor, principalmente em termos de entretenimento e realização visual de sonhos, resultou em vários sucessos de vendas. Sua personalidade e presença pessoal também foram fundamentais, pois foi necessário manter uma rede de contatos na sociedade automobilística de Detroit ao mesmo tempo em que obtinha respeito dos operários na fábrica na medida em que ele também trabalhou no chão de fábrica.

O trabalho de Earl era revolucionário e necessitava de carisma. Porque se resumia em obter e retirar parte do poder de engenheiros já estabelecidos no processo da empresa. Ele teve de institucionalizar o poder de seu departamento através da burocracia impessoal de Sloan ao mesmo tempo em que teve de organizar o trabalho internamente. Foi necessário reunir artistas plásticos e engenheiros que tivessem habilidade de projetar carros não apenas bonitos mas também funcionais e de produção viável. Os profissionais disponíveis com essas habilidades rapidamente se esgotaram e não havia programas de recrutamento e treinamento de novos designers. Dessa forma, contratou profissionais nas chamadas *bodybuilding shops*, ou em tradução livre, fábricas de carrocerias, nomes como Frank Hershey da Murphy Body e Gordon Buehrig da Dietrich Body.

Frank Quick Hershey começou a carreira na Walter M. Murphy Body Company, empresa de carrocerias de Pasadena, Califórnia, em 1927 e depois passou rapidamente pela Hudson, quando foi chamado por Earl para a GM. Trabalhou com Earl no projeto do Pontiac 1933 e em 1935, sendo responsável pelo *Silver Streak*, a faixa prateada característica dos Pontiac até 1955. Hershey foi designado para o novo estúdio da GM da Opel na Alemanha em 1937, onde coordenou a equipe de design dos novos Opel Kapitan e do Opel Kadett de 1938. Hershey retornou à GM América em 1944, quando Earl o colocou a cargo do Cadillac Design Studio, posição ocupada por Bill Mitchell desde 1936, cuja biografia é descrita no capítulo 1 desta dissertação. Teve participação importante no projeto do Cadillac 1948, conhecido pelo "rabo-de-peixe". Saindo da GM, trabalhou na Packard e depois na Ford, onde fez parte da equipe que desenvolveu o Ford Thunderbird em 1955. Após sair da GM e tendo um escritório de design próprio, preferiu não aceitar um convite para retornar à GM. Soube anos depois que se tivesse voltado seria para suceder Earl na vice-presidência da GM (FRANKLIN [...], 2012).

Gordon Miller Buehrig trabalhou na Packard, GM, Stutz, Ford e Duesenberg. Desenvolveu o Duesenberg Model J como *chief* designer aos 25 anos. Na GM, trabalhou como desenhista no projeto do LaSalle. Nos anos seguintes, quase todo designer de automóveis importante pertenceu ou liderou o *Art & Color*, como: Virgil Exner na Studebaker e depois na Chrysler; Bob Gregoire e Tom Hibbard na Ford, Ed Anderson na Nash/AMC, Dick Teague na Packard e

American Motors; Don DeLaRossa na Ford e Chrysler, todos aprenderam e copiaram os métodos de Earl (LAMM, 1990, p.63)

Earl preocupava-se cm o fato de que esses profissionais pudessem trazer as restrições da tradição do coachbuilding e por isso passou a procurar possíveis designers em outras áreas que pudessem ter interesse ou alguma relação com o design de automóveis. De acordo com Gartman (GARTMAN, 1994, p.19), ele chegou a contratar arquitetos, decoradores e ilustradores. Tanto que, Bill Mitchell, sucessor de Earl na vice-presidência de design, trabalhava anteriormente na agência de publicidade Collier. Muitos desses profissionais contratados por Earl não tinham conhecimento técnico sobre a construção de automóveis. O principal para Earl é que esses profissionais fossem aficionados por carros.[19] Bill Mitchell dizia ainda que era necessário ter gasolina no sangue, ser excitado por automóveis e ser capaz de transmitir esta excitação aos outros visualmente. (GARTMAN, 1994, p.19)

O passo seguinte foi unificar esta mistura de profissionais, unidos apenas pelo gosto por automóveis. Era necessário estabelecer uma visão centralizada das decisões estéticas para facilitar o compartilhamento de sistemas e componentes entre as divisões, como estabelecido por Sloan. Em segundo lugar, os executivos da GM solicitaram similaridade e facilidade de reconhecimento dos modelos, uma identidade corporativa no design destes automóveis.

No início dos anos 30, quando a Grande Depressão forçou a GM a compartilhar as carrocerias entre as divisões para reduzir custos, Earl separou os estúdios de cada divisão para distinguir claramente cada modelo. No centro físico destes estúdios divididos estava o *Body Development Studio*, no qual ele e somente os designers por ele selecionados desenvolviam três carrocerias para serem compartilhadas entre as divisões, sendo que uma delas deveria ser utilizada por todos os modelos da GM. A partir da conclusão dos três modelos em *clay*, os designers eram segregados e isolados nos estúdios de cada divisão e aplicavam os detalhes característicos que diferenciavam os automóveis uns dos outros como pára-choques, grade, capô, faróis, cores etc.

[19] Bob Lutz em seu livro *Car Guys vs. Bean Counters: The Batle for the Soul of American Business* de 2011, refere-se a esse tipo de profissional como *Car Guy*.

Dessa maneira, cada divisão era estimulada a tomar decisões sem a influência das outras, mantendo um senso de individualidade de cada uma. No centro das decisões estava a figura de Earl que supervisionava e coordenava todas as atividades.

A centralização das atividades fazia parte da política de mudanças de modelos anuais de Sloan, para que o consumidor as percebesse como progresso contínuo. Por razões também econômicas, as mudanças não poderiam ser muito drásticas, pois a troca pelo modelo novo deveria considerar a inclusão do modelo antigo na negociação e mudanças muito radicais tendiam, assim como atualmente, a depreciar o valor do modelo anterior. Adicionalmente, essas mudanças requeriam alterações significativas de ferramental, o que inviabilizaria os custos da produção em massa caso ocorressem com muita frequência.

De acordo com Gartman (GARTMAN, 1994), para compatibilizar essas questões, Earl planejou a estratégia dos primeiros anos do *Art & Color Section* para que as mudanças ocorressem a cada três anos, com *face lifts* anuais. A GM restringia a mudança das três carrocerias básicas citadas anteriormente para que somente uma delas fosse completamente reestilizada por ano. A parte mecânica ficaria sem modificações por vários anos, às vezes por dezenas de anos.

O *Art & Color* foi sediado por muitos anos no General Motors *Building Annex*, prédio anexo, em Detroit. O ponto central era a sala do quadro-negro, onde se reuniam os executivos da Fisher Body e das divisões com os designers, desenhistas, modeladores, todos discutindo e comparando as linhas brancas desenhadas nos painéis.

No início, o departamento só aplicava cores, detalhava o interior e os acabamentos nas carrocerias fabricadas pela divisão Fisher Body. Gradualmente Earl foi expandindo o escopo de responsabilidades para incluir a concepção das linhas e formas externas. Como resultado do Buick “grávido”, em 1930 Sloan ordenou que não se fizessem alterações no design aprovado pelo *Art & Color Section*. “Embora as divisões não fossem obrigadas a aceitar as sugestões de Earl, conforme sua reputação nas vendas foi crescendo, as mesmas passaram a aceitá-las voluntariamente” (GARTMAN, 1994, p.22).

O departamento estava propondo novos designs, idéias e conceitos que aos poucos estavam se tornando viáveis. Sloan considerava notável o fato da GM ter sido a primeira a contratar

mulheres para o departamento de design para expressar o ponto de vista feminino nos automóveis, em maior número entre seus concorrentes (SLOAN, 1963, p.273), a ponto de cada estúdio ter pelo menos uma designer feminina em sua equipe. Segundo Larry Falloon, ex-designer da GM e que atualmente trabalha no GM Heritage Center, Harley Earl foi o primeiro a colocar mulheres em altos cargos na indústria automotiva e o primeiro a contratar abertamente homens homossexuais para trabalhar no *GM Styling* (EARL, 2006).

**Figura 33: Harley Earl e suas "damas do design" (*Damsels of Design*), 1956. Fonte: Richard Earl.**

Bill Mitchell, ao substituir Earl na vice-presidência de design em 1958 rebaixou de cargo todas as mulheres para não ter *senior designers* femininas em nenhuma das equipes de design da GM. Em suas palavras: "*No women are going to stand next to any seniors designers of mine on any exterior styling of Cadillac or GM's other major brands*." (WILSON, 2007, p. 54-60).

Para que novos conceitos radicais pudessem ser introduzidos no design dos automóveis, a evolução progressiva através do plano de mudanças anuais permitia que sucessivamente a cada ano introduzir as mudanças estéticas programadas. Com isso evitava os problemas ocorridos com o Chrysler Airflow 1934, por exemplo, com linhas radicalmente aerodinâmicas para a época, que foi um fracasso em vendas (TEDLOW, 1988).

**Figura 34: Chrysler Airflow 1934. Fonte: Revista Time.**

Harley Earl não tinha dúvidas de qual seria o futuro no desenvolvimento do estilo dos automóveis. Ele disse em 1954: “Meu objetivo principal por vinte e cinco anos tem sido o de alongar e rebaixar o automóvel americano tanto em termos reais quanto visuais. Por quê? Porque meu senso de proporção me diz que oblongos são mais atraentes que quadrados [...]”[20] (SLOAN, 1963, p. 274, tradução nossa)

Em paralelo com esta linha de pensamento, Earl concebeu uma segunda linha de desenvolvimento do design com o intuito de integrar as protrusões para dentro das linhas da carroceria. Nos anos seguintes Earl e sua equipe contribuíram para integrar porta-malas, para-choques, para-lamas, faróis e estepe à carroceria, esconderam o tanque de combustível sob a carroceria, o radiador atrás de uma grade cromada, retiraram o estribo lateral, tudo para criar linhas mais esguias e fluidas de acordo com o plano de Earl de alongar e rebaixar o automóvel.

Os engenheiros também questionariam bastante as propostas de Earl, pois para obter o rebaixamento pretendido era necessário alterar a posição do motor em relação ao eixo dianteiro. Nos anos 1920 e início dos 1930, a carroceria se apoiava sobre os eixos, elevando-o de tal forma que era necessário o uso dos estribos laterais para entrar ou sair confortavelmente. Para obter esse efeito Earl propôs que o chassi “mergulhasse” entre os eixos, posicionando a cabine de passageiros mais abaixo. Para comprovar a vantagem desta

[20] Do inglês: *"My primary purpose has been to lengthen and lower the American automobile, at times in reality and always at least in appearance. Why? Because my sense of proportion tells me that oblongs are more attractive than squares, just as a ranch house is more attractive than a square, three-story flat-roofed house or a greyhound is more graceful than an English bulldog."*

configuração, o estúdio realizou uma rápida e dramática apresentação retirando a carroceria de um Cadillac, cortando completamente a estrutura do chassi, soldando na nova configuração e remontando a mesma carroceria na posição proposta bem em frente aos executivos. O resultado, de acordo com Sloan (1963 p. 275), "...tinha aparência 100% melhor e a equipe provou que era possível rearranjar a estrutura do chassi."

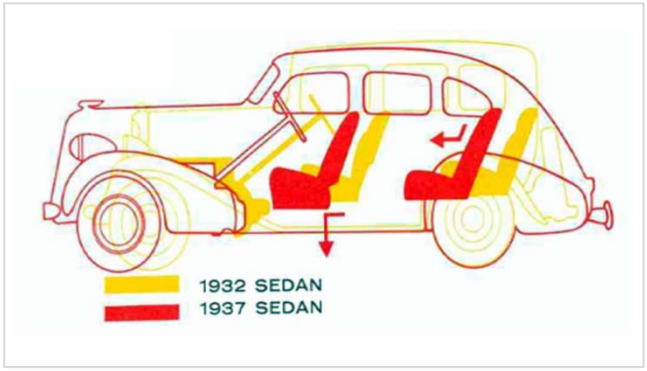


**Figura 35: Alterações do chassi propostas por Earl. Fonte: Styling: The Look of Things. General Motors**

A inovação do porta-malas integrado que também acomodava o estepe foi introduzido no Cadillac 1932 e depois no Chevrolet 1933. Essa inovação também causou conflitos dentro da empresa pois havia mercado para acessórios como cobertura de estepe e *racks* para malas. Na visão de Sloan (1963, p. 276), "[...] infelizmente esse era um preço a se pagar pelo progresso". A retirada do estribo lateral ocorreu no luxuoso Cadillac 60-Special de 1938, que acomodava 6 passageiros graças ao alargamento do chassi descrito anteriormente, que permitia utilizar a carroceria além do limite das rodas.

Ainda em 1937, o *Art and Color Section* mudou de denominação para *Styling Section*, pois assim o mercado passou a chamar a atividade de trabalhar a aparência dos automóveis e o profissional era chamado de estilista (*Stylist*). A grande importância do estilo na corporação foi simbolizada pela indicação de Harley Earl para a vice-presidência em 3 de setembro de 1940. Foi o primeiro designer (estilista) neste cargo e o primeiro em qualquer grande corporação a se tornar vice-presidente, consolidando definitivamente seu poder na corporação (GARTMAN, 1994, p. 24).

Nos anos 1930 e 1940 a organização de Earl foi consolidando seu poder controlando unilateralmente as decisões de design de todos os produtos da GM. Com o tempo passou a

depender cada vez menos da figura do presidente e a se submeter à crescente burocracia e regras da corporação. No mesmo dia em que o seu departamento passou a ser denominado *Styling Section*, Earl foi indicado por Sloan para o *Engineering Policy Group*, que era o grupo responsável pela criação de novos programas de produtos, para dar a ele mais autoridade junto aos presidentes das divisões (GARTMAN, 1994, p. 24).

A Segunda Guerra mundial parou o desenvolvimento do design dos automóveis e a produção da GM assim como a dos outros fabricantes de automóveis foi direcionada para alimentar a máquina de guerra americana. Ao fim da guerra, as inovações de design ficaram estagnadas por alguns anos para suprir a demanda reprimida. Foi neste momento, afirma Sloan (1963, p. 277) que se percebeu que o consumidor americano considerava o estilo em primeiro lugar, a transmissão automática em segundo e motores de alta compressão em terceiro.

A liderança no design obtida pela GM antes da guerra foi seguida pela Ford e pela Chrysler e ambas contrataram alguns dos pupilos de Earl para montar seus próprios estúdio de design. O método com ilustrações (*sketches*), desenhos em escala real, modelos em escala reduzida, modelos em *clay* 1:1 e modelos em *clay* em que Earl foi pioneiro agora passou a ser o padrão adotado pelos estúdios dos concorrentes.

Com a competição no design agora dominante na indústria automobilística, as mudanças de carroceria que antes ocorriam a cada quatro ou cinco anos com *face lifts* (alterações superficiais) intermediários, teve de ser revista para que ocorressem em um período de tempo menor. Um dos fatores que contribuíram para reduzir esse tempo utilizados por Sloan e Earl foi o carro experimental, hoje chamado de *Concept Car* (carro conceito), sendo o primeiro deles, o “Y-Job” construído em 1937 pelo *Styling Staff* e pela Buick para testar novos conceitos de engenharia e de estilo em um carro completamente novo (SLOAN, 1963, p. 277).

Com o fim da guerra, a GM criou vários carros-conceito e os apresentou ao público para testar as reações do consumidor diante das inovações dos chamados “*dream cars*”. Algumas eram tão radicais quanto o XP21 Firebird movido a turbina que a percepção do público é de que o design foi a direções extremamente radicais e muitas completamente sem utilidade

prática mas com grande apelo de vendas, como os “rabos-de-peixe” surgidos nos Cadillac 1948. É história conhecida a de que Earl foi convidado por um amigo da Força Aérea durante a guerra para conhecer os novos caças americanos, conforme descrito na biografia de Sloan. Um deles era o P-38 Lightning de cauda dupla, dois motores e duas fuselagens. Earl pediu autorização para que seus designers pudessem vê-los também e estes ficaram tão impressionados quanto ele, tanto que, alguns meses depois, os *sketches* começaram a apresentar detalhes como as caudas e asas duplas do P-38 (SLOAN, 1963, p. 278).

Earl conseguiu ainda padronizar o método de trabalho dos designers e transformar o senso estético que é pouco preciso e mensurável em padrões estéticos e regras a serem seguidas e passíveis de serem ensinadas. Um dos exemplos interessantes era o princípio de *trickle-down aesthetics* no qual elementos de design que aparentavam prestígio, como os rabos-de-peixe dos Cadillacs, fossem gradualmente incorporados nas divisões abaixo para emprestá-las este prestígio. Outra regra importante era a que definia o uso de reflexos de luz em áreas cromadas, pois Earl percebera que o brilho intenso de peças cromadas poderia disfarçar imperfeições, desalinhamento e defeitos dos painéis estampados em massa e tornar as carrocerias compartilhadas distintas umas das outras (GARTMAN, 1994, p. 24).

Os anos de prosperidade do pós guerra tornaram possível às famílias adquirirem o segundo e até mesmo um terceiro carro, sendo então grande a possibilidade de que o segundo carro não fosse exatamente um sedã, ampliando o mercado automobilístico tanto para pequenos carros esportivos quanto para os grandes e luxuosos. Além disso, a ênfase nas atividades de lazer do período pós-guerra criou interesse pelos *pleasure cars* da GM, dos quais Earl afirmava “que os projetava de tal maneira que toda vez que você entrasse em um deles, seria como tirar férias por alguns momentos.” (SLOAN, 1963, p. 278)

Nos anos 1950, Earl percebeu que não era mais necessário na empresa, pois seu programa de mudanças anuais e diferenciação de modelos exigia um chefe de design que pudesse inventar ou inspirar novos projetos através da burocracia complexa da GM. Ao chegar ao limite do design do seu “*auto-as entertainment*”, Gartman (1994, p. 25) afirma que “Earl não sabia mais para onde ir”. Os novos designers incluindo muitos que receberam treinamento formal em universidades preferiam projetar com linhas limpas, leves e sutis ao invés do cromo e das linhas pesadas de Earl. A mudança veio quando em 1956 quando um ex-

aprendiz de Earl, Virgil Exner, da Chrysler, apresentou o Chrysler Dart-Diablo Concept Car: os jovens designers da GM começaram novos desenhos de linhas limpas e esguias após o verem, quando Earl estava de férias. Ao retornar, Earl deixou os designers seguirem em frente e gradualmente retirou-se do papel ativo nos projetos, dando mais influência a William Mitchell. Sua aposentadoria compulsória em 1958, com 65 anos foi apenas a oficialização dessa transferência para a nova geração (GARTMAN, 1994, pp. 25-26).

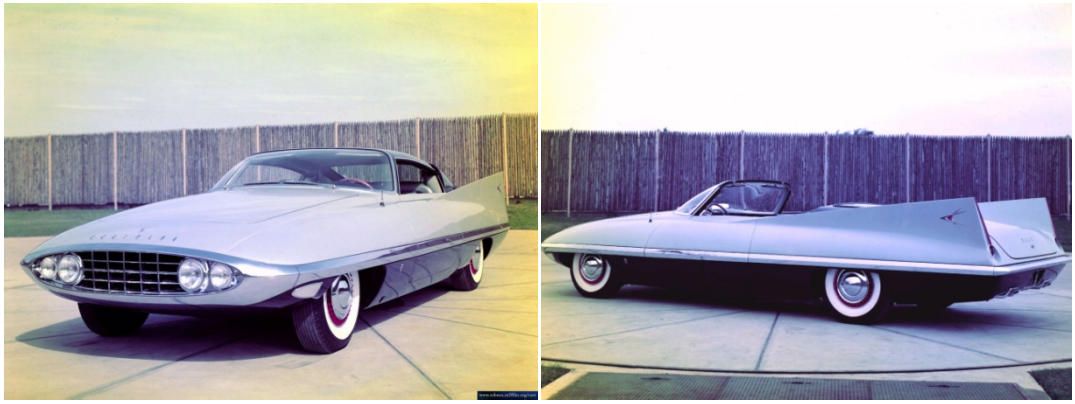

**Figura 36: Chrysler Dart-Diablo Concept de Virgil Exner. Exner era um dos partidários dos rabos-de-peixe na GM. Fonte: Daniel Vaughan.**

A respeito desta transição, Gartman (1994, p.26) afirmou: “Os princípios básicos de imagem superficial e de individualização de um produto de fabricação em massa sobreviveu através dos anos 1960. Mas nos anos 1970, os americanos passaram a lutar contra este design etéreo em favor de mais responsabilidade, segurança e eficiência ambiental.”

No Anexo A deste trabalho, incluímos uma tradução de um *press-release* publicado pelo GM *Design Communication* em 13 de junho de 2012 com a cronologia histórica do departamento de design da GM em comemoração aos 85 anos de sua criação.

# 3

# 3. O processo de projeto de automóveis

## 3.1 Introdução

Para o consumidor, os dois primeiros veículos especialmente desenhados para o emergente mercado de massa, o Cadillac LaSalle 1927 e o Buick "*Pregnant*" 1929, um foi um sucesso e o outro um fracasso. Contudo, Bayley (1983, p.47) afirma que o primeiro carro "popular" a ser de fato estilizado para o mercado foi o Chevrolet 1933, com o chassi série A. Ele também afirma que esta foi a primeira e verdadeira expressão da filosofia de Harley Earl para o automóvel moderno.

Com os componentes integrados em uma carroceria unificada e fluida, itens funcionais como radiador, um dispositivo construído para permitir a troca de calor do motor com o meio ambiente, passaram a ficar ocultos atrás de uma grade cromada e metal esculpido.

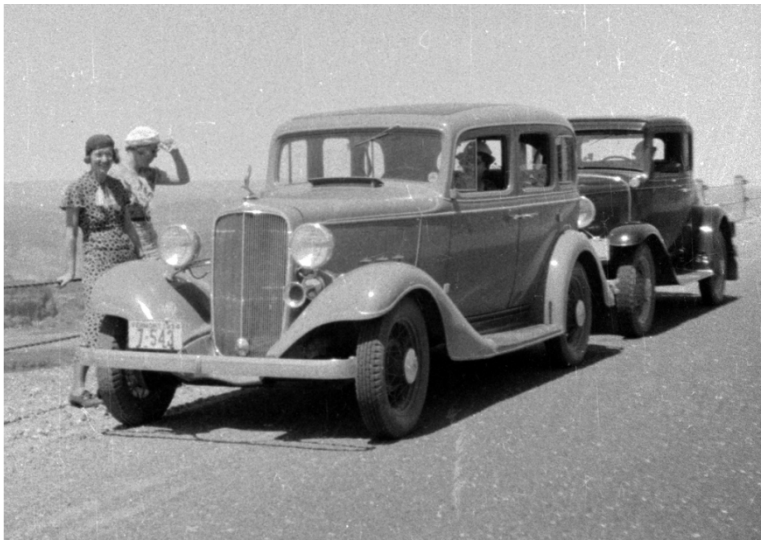

**Figura 37: Chevrolet Master Eagle 1933. Fonte: Welles Photo.**

Antes de Harley Earl, o conceito de *styling* ainda não estava claro nesta indústria. Os automóveis tinham a aparência funcional dos onipresentes Fords Modelo T ou eram as obras de arte européias fabricadas individualmente por artesãos.

A inundação causada pelos dez milhões de cópias do Modelo T em 1924, metade dos automóveis do planeta, influenciou o design de outros bens de consumo, como telefones, roupas, câmeras, máquinas de costura, ferros elétricos e mobiliário, todos fabricados em massa, com a mesma aparência fragmentada e desprovida de ornamentos dos Fords (GARTMAN, 2009, p.12).

**Figura 38: Rádio RCA Radiola Model III de 1924. Fonte: antiqueradio.org**

Entretanto, Gartman (GARTMAN, 2004) também observa que o automóvel produzido em massa, marcado pelas características mundanas de função e eficiência caracterizava muito a classe operária que os adquiria. O design do Modelo T tinha o objetivo de produzir automóveis simples e funcionais o mais rápido e barato possível, o que acarretava motores ruidosos, estrutura e carroceria que vibravam e transmissão extremamente difícil de se utilizar. Eles certificavam o proprietário como trabalhador braçal dado o esforço necessário para dirigi-los.

A carroceria de painéis planos e retilíneos refletiam o uso de prensas industriais. A aparência deles também certificava a montagem apressada, sem tempo para ajustes ou acabamentos, feitos por trabalhadores sem qualificação. Conseqüentemente, todos os carros tinham a mesma cor preta, resultado do processo de secagem rápida necessário para a produção em massa, que excluía qualquer possibilidade de alternativa estética. Tudo nesses automóveis simbolizava as preocupações das classes menos privilegiadas e a preocupação de não gastar seus recursos em luxos supérfluos, passando a representar nos anos 1920 o que era ridículo e de mau gosto (GARTMAN, 2004, p.173).

A apresentação do Cadillac LaSalle 1927 foi resultado da percepção de Alfred Sloan de que o mercado estava ávido por um veículo que representasse mais do que somente a função de locomoção (GARTMAN, 2004) e implantou o Art and Color Section na General Motors para que os automóveis passassem a ter estilo como uma característica importante para as vendas. É provável que Harley Earl ao trazer o "estilo" para todos os veículos da linha da GM tenha incorporado o desejo das classes trabalhadoras emergentes em ostentar o status de possuir um automóvel com a mesma aparência dos automóveis das classes mais ricas, na intenção de agregar conceitos de refinamento e luxo. Com o grande resultado obtido pelas vendas, os outros fabricantes também implantaram os estúdios de design para suprir a demanda criada pela GM.

Segundo o professor de design industrial da Coventry University, Michael Tovey (TOVEY, 1992), o design dos automóveis é um processo quase sempre evolucionário, ou seja, o design não muda radicalmente nos modelos de um ano para outro. Como a arquitetura básica não se altera, as empresas estruturaram o processo de maneira seqüencial e compartimentada, envolvendo diversos especialistas.

## 3.2 Etapas de projeto

De acordo com Asimov (ASIMOV, 1963), a típica estratégia de projeto de produtos industriais é seqüencial e encerra-se com o descarte do produto:

1) Estudo de viabilidade
2) Projeto preliminar
3) Projeto detalhado
4) Planejamento do processo de produção
5) Planejamento da distribuição
6) Planejamento do consumo
7) Planejamento da obsolescência e descarte do produto

Já Lawson (LAWSON, 1980), descreve o processo de projeto de produtos segundo uma estrutura mais sintética: (1) Análise, (2) Síntese, (3) Avaliação, (4) Revisão, (5) Implementação

### Processo de design de automóveis segundo Lewin e Borroff

O projeto de um novo automóvel é similar ao processo de projeto de produtos, segundo Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010). Devido à complexidade inerente do processo, inicia-se o desenvolvimento de um novo veículo pelas estratégias estabelecidas em conjunto com os departamentos de marketing, de design e de engenharia. A estratégia inicial define a arquitetura ou layout do veículo sendo, de acordo com Larica:

> "[...] um conceito no qual é dimensionado um *package*[21] (gaiola virtual), baseado numa proposta para X pessoas e capacidade de carga Y, num conjunto motor + transmissão + componentes principais em uma situação e posição determinadas numa plataforma disponível (se for aproveitada de outro modelo) num diâmetro

[21] Em design automotivo, *package* é o *layout* do veículo que abrange a arquitetura (sedã, hatch ou perua, por exemplo), capacidade de carga, seus componentes mecânicos como motor e suspensão e o número de passageiros. Para o design, estes são os parâmetros que delimitam as dimensões e forma geral do veículo a ser projetado. É composto por uma série de desenhos, especificações ou modelos 3D em CAD. *Packaging* é a fase de definição destes parâmetros do *package*.

> efetivo de rodas, numa categoria de produto e nos requisitos funcionais apresentados no *briefing* do produto." (LARICA, 2003, p.53)

Cada departamento estabelece seus parâmetros para o processo de desenvolvimento do projeto que deve ser cumprido em um cronograma determinado. Definidos os parâmetros, o design recebe o programa do novo veículo. As etapas-chave do processo de projeto de veículos, segundo publicação de 2003 de Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2003), são:

1. **Planejamento do produto**

Através do planejamento de todos os aspectos da produção, de logística e do mercado consumidor, a empresa define o produto, no caso, o veículo que irá produzir. Nesta fase a empresa também verifica a viabilidade e sua capacidade de produção.

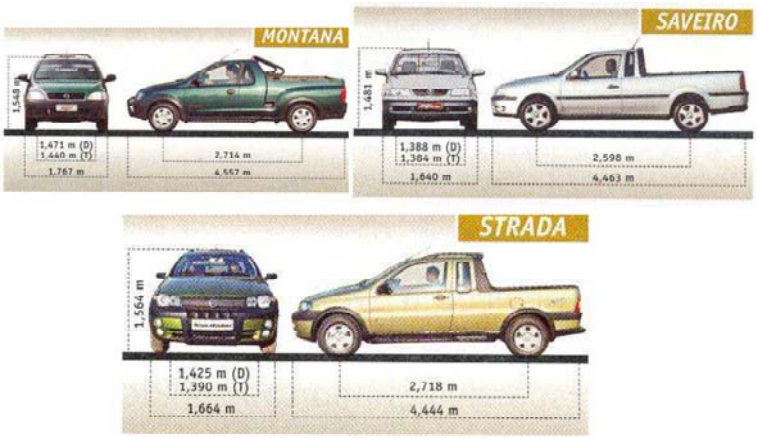


**Figura 39: A pesquisa de mercado e de marketing avalia as características dos concorrentes e fatia de mercado pretendida. Fonte: UBM**

2. **Programa (*Brief*)**

Os designers trabalham para atender a um programa que define para quem será oferecido o veículo (mercado consumidor), o tipo (mini-van, perua, sedã etc.), preço, entre outros parâmetros. Atender ao programa adequadamente é importante para o sucesso do produto.

3. **Conceituação**

A fase de conceituação inicia-se assim que os designers recebem o programa. Através de desenhos (*sketches*) os designers criam a aparência interna e externa do novo veículo. Normalmente o exterior é criado primeiro, mas o interior também influencia na aparência externa. Nesta fase são feitos desenhos à mão com uso de algumas

ferramentas de computador para acabamento ou montagem de pranchas de apresentação.

**4. Seleção dos Temas**

Após a conceituação, os *sketches* são avaliados e decide-se por um ou mais temas para o projeto pelos desenhos que mais atendam ao programa e que tenham a aparência mais interessante. Os designers passam então a dirigir os esforços para desenvolver novas idéias sobre esse(s) tema(s).

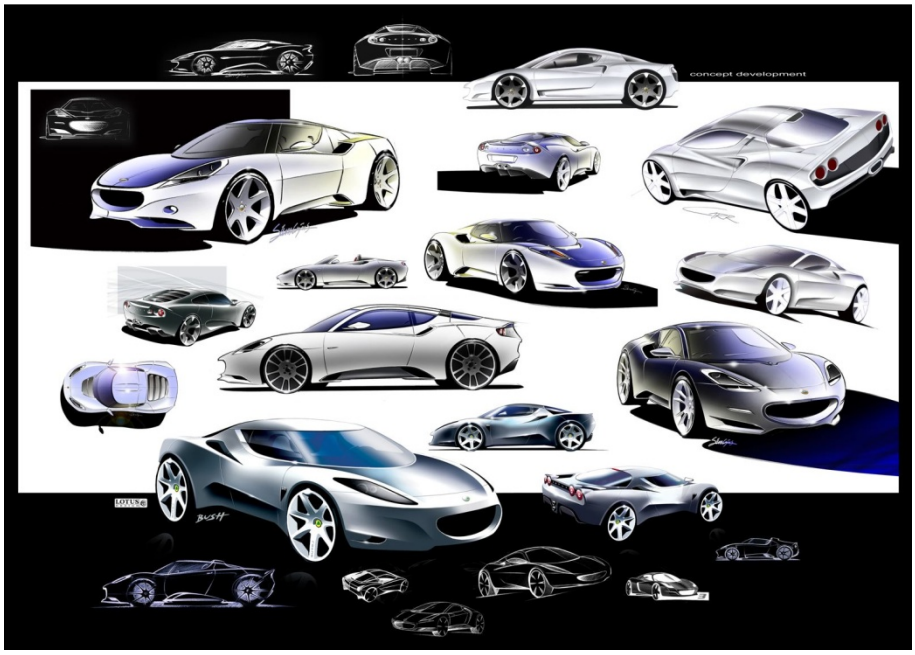


**Figura 40: *Sketches* da fase de desenvolvimento do tema do Lotus Evora. Fonte: Car Design News.**

**5. Desenvolvimento dos modelos 3D**

Verifica-se a aparência do veículo em três dimensões. Para tanto, constrói-se um modelo em escala, geralmente em *clay*. Há também a possibilidade de gerar um modelo numérico em computador para apoiar esta tarefa. Em ambos é possível fazer a primeira verificação da aparência geral em diversos ângulos.

## 6. Avaliação do design

Por meio dos desenhos e modelos 3D em escala reduzida e de modelos em escala real, tanto do exterior quanto do interior, os designers comparam as opções de projeto. A empresa pode utilizar o design com maior potencial através de clínicas ou

pesquisas com clientes potenciais.

### 7. Design *freeze* ou *styling freeze*

O design *freeze* é o ponto no qual a proposta se transforma em programa. A maior parte das empresas define esse ponto como crucial, pois deve-se reavaliar a viabilidade financeira do projeto levando em conta aspectos de produção da carroceria e do pacote mecânico adotado.

### 8. Desenvolvimento e testes do produto

São construídos protótipos funcionais artesanalmente para testes em situações normais e extremas. Usualmente utiliza-se camuflagem na carroceria para esconder do público o produto. Avaliações de colisão (*crash tests*) são simulados em computador. Mais adiante os protótipos serão utilizados em testes reais para verificar o atendimento das regulações de segurança.

### 9. Lançamento

O carro é lançado em um evento internacional como os salões de automóvel com grande publicidade. O sucesso de um novo projeto será medido pelo entusiasmo de sua recepção no lançamento, pelas vendas realizadas e pelo retorno do investimento durante a produção do veículo.

## Processo de design pelos designers

Lewin e Borrof revisaram em 2010 (LEWIN; BORROFF, 2010) sua publicação de 2003 (LEWIN; BORROFF, 2003), subdividindo as fases de projeto, acima numeradas, com maior ênfase nas atribuições da equipe de design.

1. **Especificação inicial e definição do programa**

   Definição do programa que leva em conta o tipo do veículo e a seleção de motorização e materiais, qual será o mercado consumidor e composição do preço final. Nesta etapa também se definem as pranchas de temperamento, chamadas de *mood boards* no jargão dos designers. A *mood board* é um painel com imagens e palavras utilizadas como ferramenta visual para informar rapidamente o

"sentimento" que um designer está tentando obter.

2. **Criação dos primeiros *sketches* para geração dos temas de projeto**

   Nesta etapa o gerente de design incentiva cada um dos designers de sua equipe a criar *sketches* intensamente a partir de pranchas de temperamento que contextualizam as emoções que o design deve evocar e o estilo de vida do consumidor. É uma fase competitiva, e normalmente os designers encorajam uns ao outros no desenvolvimento das melhores propostas.

**Figura 41: Exemplo de *mood board* de concurso de design promovido pela GM em 2011, indicando a forte integração com tecnologia para o usuário, característica da marca Chevrolet. Fonte: Car Design News**

3. **Definição de temas principais para desenvolvimento**

   Com os melhores *sketches* selecionados, os designers passam a trabalhar em equipe nos temas selecionados com mais *sketches* e eventualmente alguns já são modelados em programas de CAD como o Autodesk Alias.

4. **Seleção dos melhores temas para modelamento digital e em *clay***

   Com os temas finalistas, inicia-se o modelamento virtual e em *clay*. Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010) afirmam que o modelamento digital oferece a

possibilidade de avaliação de diferentes opções de design rapidamente, simular diferentes condições de ambiente e observar o produto comparando-o com outros produtos concorrentes lado a lado. Os modelos em *clay* em escala real são mais fáceis de serem lidos e percebidos, pois podem receber acabamento realista e podem ser levados ao exterior para avaliar as superfícies à luz solar.

O uso do modelo digital facilita a produção posterior do modelo em *clay*, portanto a criação da versão digital antecede o físico em vários estúdios.

5. **Design do interior do veículo**

Sempre que possível, o design do interior é desenvolvido simultaneamente com o exterior. Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010, p.77) consideram que é cerca de três meses após o início dos trabalhos no exterior. Segue o mesmo processo do exterior e em determinada etapa é modelado em escala real para verificar os diversos detalhes de que é composto. Quando o design do interior final é selecionado inicia-se o trabalho de modelamento matemático para a construção do modelo final, também chamado de protótipo.

6. **Construção do modelo final / protótipo**

Com o modelo matemático finalizado, são produzidos os componentes do modelo final, usualmente em *clay*, mas que também pode ser um protótipo funcional para testes ou apresentação como carro-conceito.

7. **Verificação de viabilidade de produção**

Com a aprovação definitiva dos gerentes do projeto, o modelo físico final, normalmente em *clay*, é escaneado para criar o modelo digital tridimensional definitivo para a verificação de viabilidade de produção.

8. **Aprovação para produção**

Após as verificações e correções necessárias, é dado o sinal verde para a produção. Segue-se então os trabalhos da engenharia de produção que irá projetar processos, dispositivos, ferramentas e logística. Esta fase praticamente não tem mais participação da equipe de design.

**Figura 42: Exemplo de modelo funcional do interior do Lamborghini Aventador.**
**Fonte: Car Design News.**

## Processo de design segundo Tovey

Michael Tovey, professor e pesquisador em design industrial da Coventry University, é de especial interesse neste trabalho, abordando o processo de projeto de automóveis e como os designers trabalham. Também pesquisa o uso de computadores na fase de conceitual do projeto e no desenvolvimento de novas tecnologias de suporte às atividades de design.

Tovey (2000, p.570) descreve o processo de design de automóveis enfatizando e delimitando as atividades de design e de engenharia. Ele define que é papel do designer controlar os estágios iniciais e, na seqüência, entregar o projeto aos engenheiros para análise e planejamento da produção. O arranjo típico das etapas de projeto, segundo Tovey, é estruturado em semanas:

- Semana 1: Definição do programa e especificação do produto. Definição do *package*.
- Semana 2: Revisão dos concorrentes e influências. Discussão informal dos *sketches*

conceituais.

- Semana 3: Seleção informal dos *sketches* conceituais.
- Semana 4: Seleção e revisão das propostas pelos gerentes e diretores.
- Semana 7: Apresentação do *tape drawing* ou do modelo em escala.
- Semana 10: Apresentação da revisão do *tape drawing* e/ou dos modelos em escala.
- Semana 18: Apresentação do modelo em *clay* em escala real.
- Semana 22: Reapresentação de alterações.
- Semana 26: Aprovação do modelo 3D.

Sobre os resultados do processo de desenvolvimento do projeto, Tovey (1992, p.40), identifica que são apresentadas duas categorias: o material da fase de design conceitual e o do desenvolvimento do design.

No design conceitual, as influências e características iniciais (*mood boards*) são apresentadas em duas pranchas tamanho A0, e os *sketches* conceituais, que podem ser até 50 pranchas tamanho A3 ou A2, são divididos em dois tipos: *theme sketches* (ilustrações sobre o tema) e *sketches* com dimensões. A característica desta fase é apresentar simultaneamente um grande número de ilustrações tanto livres quanto dimensionalmente corretas.

Já na fase de desenvolvimento, realizam-se os *tape drawings*, desenhos em escala real das três vistas ortogonais utilizando fita preta ou em outra técnica. Tovey ainda afirma que nesta fase podem ser apresentados três ou mais modelos em escala 1:4 ou 1:5 e um ou mais modelos em escala real com aplicação de filme Di-noc[22]. Nesta fase os designers tentam obter representações mais próximas da escala real.

Entretanto, de acordo com a Nissan, o uso de desenhos em escala real (*full size renderings*) está em desuso – exceto no caso dos *tape drawings* – devido ao tempo necessário para dar o acabamento (*rendering*) necessário, pois as ferramentas digitais substituem esse processo (NISSAN, 2010).

[22] Filme autoadesivo desenvolvido pela 3M para dar acabamento em superfícies. É utilizado nos modelos em *clay* do design automotivo para simular diversos tipos de acabamentos de veículos, como pintura, vidros, painéis etc. Existem outros fabricantes de filmes deste tipo mas utiliza-se a expressão "*dinoced model*" para se referir a um modelo em *clay* com acabamento em filme.

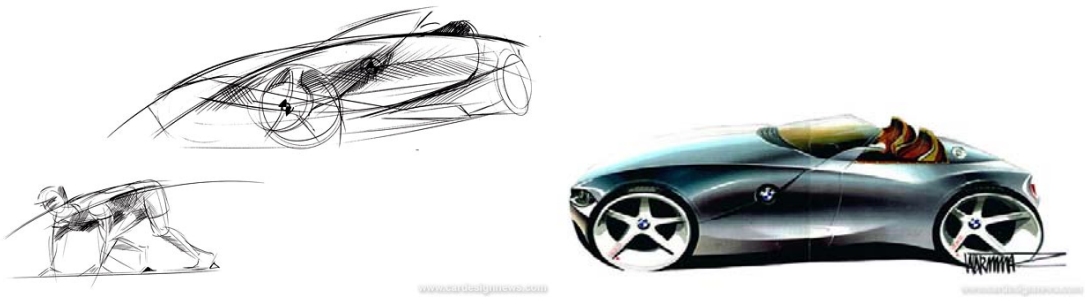

**Figura 43: *Sketches* conceituais do BMW Z4 2003. Fonte: BMW.**

**Figura 44: Desenho em escala real (*full size rendering*) do NIssan 300ZX. Fonte: Nissan.**

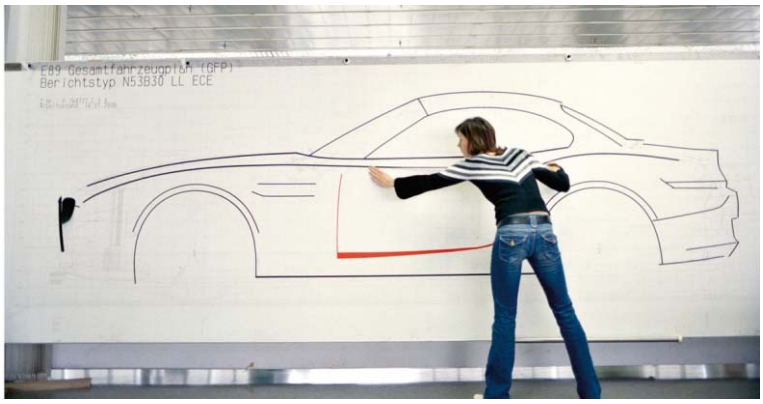


**Figura 45: *Tape drawing* do BMW Z4 2009. Fonte: Car Body Design.**

**Figura 46: Aplicação de filme Di-noc sobre modelo em *clay* do BMW Z4 2009.**
**Fonte: Car Body Design.**

Os designers são responsáveis pela conceituação inicial até a definição avançada das superfícies antes que a engenharia receba o projeto. Por conseqüência de maneira oposta, os engenheiros têm de trabalhar para viabilizar a fabricação das superfícies criadas no design, como observa Tovey (1992, p.25), envolvendo cálculos matemáticos em programas de CAD/CAM e de FEA, *Finite Element Analysis* (análise por elementos finitos). De acordo com Frederico Laguna, gerente de design da PSA, o uso de programas de computador na fase de design, ou de *styling*, tem avançado para estágios cada vez mais iniciais (informação verbal)[23]. Por exemplo, Tovey (TOVEY, 2003) propõe novas formas de interação com os programas de CAD para permitir a criação de *sketches* 3D conceituais digitalmente, pois ele considera que a atividade de desenvolvimento de *sketches* ainda é muito relevante entre os designers.

## Processo de design na General Motors

No processo realizado na GM do Brasil, investigamos principalmente os modelos tridimensionais utilizados durante o desenvolvimento de novos veículos, descrevendo as seguintes etapas de projeto de acordo com (COSTA, 2011), (GENERAL MOTORS, 1955) e

[23] Informação fornecida por Laguna em São Paulo, em 2009.

Corbacho (apud MELO, 2012)[24]:

### 9. Marketing

Definição do produto de acordo com demandas de mercado e consumidor. A GM realiza pesquisas abrangentes para definir com precisão a fatia de mercado que o novo produto deverá atender.

### 10. Arquitetura veicular

Definição da arquitetura do veículo dentro do portfólio da empresa ou proposta de nova arquitetura. O veículo pode ser definido como um sedã ou *hatch*, número de portas, entre outras características.

### 11. Avançado

Definições de *Packaging*, que são as definições sobre a mecânica a ser utilizada, o *layout* e arranjo dos componentes na arquitetura do veículo e propostas de configurações de equipamentos. Envolve a definição das dimensões do chassi e do conjunto mecânico pela engenharia.

**Figura 47: Desenho em escala 1:1 do Buick Wild Cat III 1955. Fonte: GM Styling The Look of Things.**

Definição dos critérios do tema para o estúdio, qual será o estilo a ser seguido para o desenvolvimento.

Definição do ponto H, ou o ponto de inflexão do quadril, que define a posição de dirigir no veículo.

Definição dos requisitos de ergonomia, usabilidade e conforto.

[24] MELO, João P. C. **Entrevista com o Designer Antonio Carlos Corbacho**. <disponível em http://www.autodiario.com.br/conteudo/alias-autostudio>. Acesso em 07 mar. 2012.

Composição de propostas de *layout*

## 12. Desenvolvimento avançado

Os designers criam diversos *sketches*, sendo selecionadas oito propostas de interior e exterior.

Realizam-se clínicas de verificação em conjunto com a equipe de marketing, apresentando quatro propostas selecionadas das oito anteriores, sendo então construídos quatro modelos físicos em *clay*.

Na fase seguinte selecionam-se 2 propostas a partir das quais serão construídos modelos completos de interior e exterior em *clay*.

Selecionada a proposta definitiva, o modelo em *clay* é escaneado através de máquina de leitura a laser (*laser scanning*) e os pontos obtidos são levados para processamento em software de modelamento.

## 13. Modelamento numérico

O modelamento tridimensional digital é feito através de interações com a engenharia para ajuste de diversos critérios em dimensões, ergonomia, visibilidade e segurança.

O modelo digital gerado é processado para permitir o "alisamento" das superfícies e a transformação em superfícies classe A. Antes, o modelo passa pela Geometria avançada para ajustar definitivamente as superfícies.

O final dos anos 1990 marcou o início do uso, pelo design, do software Alias no modelamento de superfícies. O Escultor Digital é quem opera o software, modelando as superfícies complexas com a possibilidade de modificar diferentes propostas rapidamente.

## 14. Geometria avançada

Através de trabalho integrado, o estúdio de design e a engenharia coordenam os ajustes finais nas superfícies para adequá-las à produção ao mesmo tempo que mantêm o tema do design selecionado. Nesta etapa são desenvolvidas as superfícies Classe A, com grande precisão.

## 15. Protótipos para testes

São criados cem veículos para a realização dos testes de dirigibilidade, resistência e

segurança.

**16. Engenharia industrial**

Definição dos processos de produção do novo veículo.

## Processo de design incluindo *Packaging*

O processo de design segundo Macey e Wardle tem ênfase na importância das boas práticas na definição do programa e do *packaging*. Eles dividem o processo de design conceitual em cinco partes, que têm duração entre seis meses e um ano (MACEY; WARDLE, 2009).

**17. Planejamento e pesquisa**

O processo tem início com a pesquisa para definir o mercado, o consumidor e quais são os competidores. Também se avalia novas tecnologias e novos processos de manufatura.

**18. Objetivos funcionais**

Definem-se os parâmetros de projeto iniciais, com foco simultâneo no consumidor final e nos objetivos da empresa.

**19. Concepção do Design & *Package***

Estabelece-se o layout básico dos principais componentes e os elementos inovadores são desenhados em forma de *sketches* livres com várias configurações. Segundo Tovey et al. (TOVEY et al., 2003, p. 141), esses *sketches* devem atuar como dispositivos de comunicação e avaliação das propostas, ou seja, devem ser de fácil compreensão por todos na equipe de design e pelos outros gerentes da empresa.

O *package* são todos os elementos da arquitetura do veículo que têm característica funcional e não estética como estrutura, mecânica e equipamentos de segurança (MACEY; WARDLE, 2009, p.221).

**20. Benchmarking de proporções e dimensões**

Compara-se os atributos do projeto com produtos existentes para validar o conceito. Esse processo é utilizado para estabelecer as proporções básicas do novo veículo.

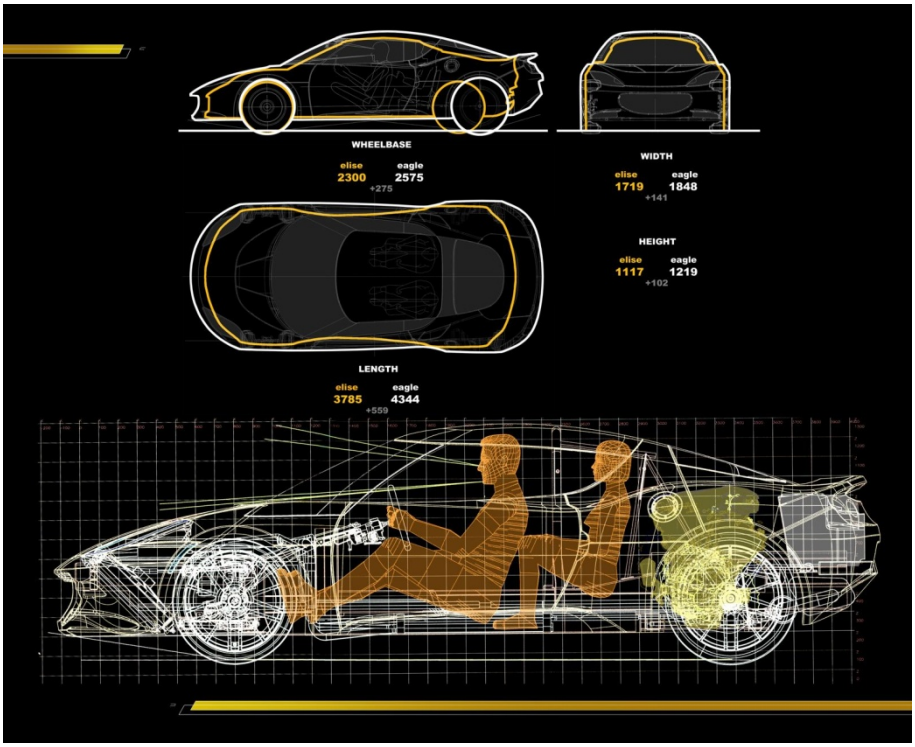


**Figura 48: Verificação de *package* do Lotus Evora comparado ao Lotus Elise.**
**Fonte: Car Design News.**

### 21. Projeto avançado e desenvolvimento do modelo em *clay*

Nessa fase são definidas as dimensões básicas do veículo e seus *hard points*. *Hard points* são pontos teóricos no espaço que representam o espaço ocupado pelos sistemas, também chamados de envelopes – o espaço ocupado pelos conjuntos de, por exemplo, motor e câmbio, suspensão etc. São definidos pela engenharia para que o design possa criar sobre eles o modelo físico ou virtual. Constrói-se então um modelo em escala real em *clay* sobre o *package*.

Concluída a fase de design anterior, que Macey e Wardle (MACEY; WARDLE, 2009, p.23) consideram durar até um ano, o projeto entra no processo de desenvolvimento do produto, que pode acrescentar mais dois ou três anos (id. 2009, p.23). O grupo de engenharia e design vai desenvolver as superfícies sobre o *package* que deve ser completamente viável para produção, dentro das metas de custo e de acordo com as demandas do setor do mercado definido. Depois de construídos e testados os protótipos, poucas alterações de design serão necessárias para a efetiva produção.

## Processo de projeto na Renault, por Pierre Bézier

Bézier apresentou em um artigo de 1983[25] um estudo sobre o uso de programas de CAD, especificamente o programa desenvolvido por ele, o UNISURF, utilizado na indústria automobilística francesa desde 1975 (BÉZIER, 1983). Nesse estudo, o autor descreve o processo de projeto de um novo automóvel na Renault, com a intenção de mostrar a abrangência e melhoria obtida com a utilização do UNISURF comparando-o com o método tradicional, sem ferramentas de CAD.

Sobre o método tradicional utilizado na Renault antes de 1975, Bézier descreveu que se realizavam as seguintes fases (BÉZIER, 1983, p.115):

Fase 1: Pesquisa e desenvolvimento

- Construção de modelos preliminares em *clay* em escala reduzida
- Execução de desenhos preliminares
- Construção de modelo em *clay* em escala real
- Execução de desenhos finais
- Construção do modelo *master* (matriz) em gesso ou resina

Fase 2: Ferramentas de produção

- Execução de projeto das ferramentas
- Construção das matrizes e estampos
- Ajuste das matrizes e estampos
- Inspeção da qualidade das matrizes e estampos

Bézier observa que o processo tinha alguns pontos notáveis. O primeiro é que as superfícies são definidas sucessivamente por uma série de profissionais: designers, projetistas, modeladores, designers novamente e ferramenteiros. A informação é transmitida em cada etapa com diferentes modelos – *mockup*, desenhos, modelo em *clay*, modelo matriz,

[25] BÉZIER, Pierre E. **UNISURF, from Styling to Tool-Shop**. Computers in Industry, Amsterdam, vol. 4, no.2, pp. 115-126, jun. 1983.

estampos – surgindo pequenas variações de uma fase para outra, decorrentes de fatores técnicos ou por falta de informações inerentes do processo de produção dos modelos, documentos ou ferramentas. (BÉZIER, 1983).

Nesse processo, a matriz ou modelo *master*, é o único padrão de medidas confiável. De acordo com Bézier (BÉZIER, 1983), os desenhos e gabaritos têm precisão limitada e discutível mas a matriz só poderia ser transmitida a fornecedores por meio de réplicas que tinham de ser transportadas com cuidado. Finalmente o processo era intrinsecamente lento: horas para ajustar um gabarito, semanas para traçar uma geometria complexa e meses para esculpir um modelo em *clay*.

O ponto fraco do processo sem CAD, ainda segundo Bézier, é o tempo necessário para iniciar a produção de um novo modelo. O objetivo almejado com o uso dos programas de CAD é reduzir o tempo nesse cronograma. Na época em que o UNISURF era utilizado, o departamento de design tinha um papel predominante, embora não exclusivo para aceitar ou rejeitar as formas do modelo em *clay*, da matriz ou da carroceria acabada. Assim, é importante que não ocorram desvios em nenhuma etapa do projeto, do design ao conjunto montado. A superfície em cada etapa não pode ter distorções, deve ser completa e indisputável (BÉZIER, 1983).

Com o designer avaliando a forma somente por meio do modelo tridimensional, Bézier considera desejável acelerar o processo de construção dos modelos com um programa de base matemática sólida mas que um designer ou um especialista em geometria descritiva pudessem usar intuitivamente (BÉZIER, 1983).

Mesmo com algumas limitações de software e hardware da época, Bézier utilizou uma "máquina desenhadora" com capacidade de traçar em três dimensões desenvolvida especialmente para usinar modelos em espuma (*styrofoam*). O modelo inicial subdividido em cerca de doze peças para usinagem em partes separadas. Ao unir todas as partes o designer poderia visualizar um modelo em escala real equipado com rodas, maçanetas, espelhos e outros itens acessórios para verificação do conjunto formal. As modificações propostas, na usinagem dos módulos ou após a montagem do conjunto, podiam ser armazenadas numericamente. Bézier sugere que os designers utilizem modelos tridimensionais criados em máquinas de Controle Numérico Computadorizado (CNC)

somente para validação e aprovação das formas, pois o armazenamento numérico da informação permite a reprodução das superfícies em qualquer meio, como gesso, *styrofoam*, *clay* (BÉZIER, 1983).

Já na ferramentaria, os modelos numéricos permitem a fabricação das ferramentas sem a necessidade do modelo matriz. Bézier considera ainda que os estampos são "itens de consumo", sendo a fabricação destes por meio de máquinas CNC um processo mais ágil. Ele afirmou que a tolerância na precisão das peças estampadas passou de 20 a 30 milímetros para poucos milímetros. Com as máquinas CNC, a usinagem de superfícies curvas passou a ter precisão de décimos de milímetro, obtendo superfícies praticamente acabadas (BÉZIER, 1983).

Bézier conclui que o sistema projetado por ele estava em operação desde 1974 e que designers, desenhistas, técnicos e operadores de máquinas não tiveram dificuldades em adaptar-se ao uso de soluções matemáticas. Ele afirma que a precisão foi aumentada em dez vezes, com diferenças na ordem um décimo de milímetro, e o custo de algumas ferramentas complexas caiu pela metade. Houve redução de cerca de um terço do tempo despendido nos trabalhos (BÉZIER, 1983).

## Processo de projeto na BMW

A BMW apresentou o processo de desenvolvimento do projeto do MINI em um *press release* de janeiro de 2012 (BMW, 2012). O projeto durou cerca de cinco anos e foi dividido em três fases: *Fundamentals*, *Competition* e *Detail Work*. Um grupo interdisciplinar comandado por Adrian van Hooydonk, vice presidente de design do grupo BMW desenvolveu o programa de um novo veículo (BMW, 20012).

Na fase 1, os fundamentos ou características principais foram determinadas para que os designers criassem as proporções do novo veículo. Com os *sketches* iniciais, a equipe desenha em *tape drawing,* em escala 1:1 sobre um *grid* com as proporções principais do *package*. Com o *tape drawing* consolidado, o designer interage com o modelador de CAD 3D para gerar um modelo digital.

**Figura 49: A BMW utiliza tape drawing em escala real no processo de projeto.**
**Fonte: Car Body Design**

Na fase 2 a BMW desenvolve uma competição interna pelo design interno e externo do novo veículo. Todos os designers participam com sua versão em *sketches* e apresentações virtuais. Alguns projetos são selecionados e modelados em *clay*. O artigo da BMW (BMW, 2012) não descreve quantos projetos em cada etapa são selecionados para modelamento, somente que são reduzidos ao longo do desenvolvimento do projeto pelas decisões do comitê gestor do projeto.

**Figura 50: Criação de *sketches* do BMW MINI. Fonte: BMW.**

A decisão final é tomada três anos antes da data de lançamento do carro, após apresentação dos dois designers finalistas, em geral bastante jovens, que trabalham sob a tutela de um gerente de design (BMW, 2012).

Na fase 3 ocorre o desenvolvimento final do projeto escolhido pelo comitê gestor. A BMW designa um grupo especialmente para ajustar as superfícies do exterior e interior do novo veículo, com equipes coordenadas de design, engenharia e produção (BMW, 2012). A precisão das superfícies deve ser da ordem de centésimos de milímetro, e por isso, os modelos são construídos com *clay* de alta qualidade para garantir a precisão da superfície do modelo ao nível microscópico (BMW, 2012).

Quando considerado perfeitamente acabado, o modelo é então digitalizado em um *scanner* a laser para o desenvolvimento das superfícies em programas de CAD. A BMW padronizou o uso do CATIA da Dassault em 2009 para unificar os dados de todas divisões de engenharia da empresa (STACKPOLE, 2009).

**Figura 51: Construção do modelo em *clay*. Fonte: Car Body Design.**

**Figura 52: Escaneamento a laser para aquisição digital da superfície do modelo.**
**Fonte: Qualitymag**

## 3.3 Estado da arte do modelamento digital na indústria

Os sistemas de CAD contém uma série de elementos descritos como (DIAS, 2001):

- *Hardware*: o computador e seus periféricos como mouse, teclado, impressora etc.
- *Software*: os programas de computador que são executados em hardware específico.
- Dados: a estrutura da informação criada e manipulada pelo software.
- Homem: o conhecimento e atividades humanas associadas ao uso do CAD.

Os programas de CAD contém uma série de elementos e ferramentas que processam os dados e são compostos por (DIAS, 2001):

- Objetos e definições do modelo: conjunto de comandos e procedimentos para criar elementos geométricos no modelo;
- ferramentas de manipulação para mover, copiar, apagar e modificar elementos do modelo;
- *software* de *rendering* para gerar imagens ou tornar a visualização mais realista;
- comandos de interação com o usuário para utilizar o sistema operacional em tarefas de gerenciamento de arquivos, como salvar, renomear, etc.;
- ferramentas de gerenciamento de projeto para organização do fluxo de trabalho;
- aplicativos ou programas para avaliar, analisar ou fabricar o modelo;
- utilitários, que são partes do programa desenhados especificamente para realizar tarefas com rotinas, como macros.

No processo de projeto de um novo automóvel, uma parte significativa do processo se vale de processos digitais. O modelo em *clay* ainda é construído para praticamente todo modelo novo de automóvel e depois, o modelo é convertido em informação digital para manipular as superfícies em um programa de CAD. Entretanto, na fase de conceituação utiliza-se

bastante os *sketches*, desenhos que podem ser produzidos à mão ou em *software* de ilustração como o Adobe Photoshop.

De acordo com Frederico Laguna, há uma tendência dos novos designers no uso do CAD 3D diretamente na fase conceitual (informação verbal)[26]. Como a fase conceitual depende da rápida criação de novas idéias, o padrão estabelecido é de que o CAD não teria capacidade representar idéias rapidamente, necessária para atuar nesta fase, afirma Van Dijk Casper (VAN DIJK CASPER apud TOVEY, 2000)[27].

Após a fase conceituação, com o envolvimento da engenharia, utiliza-se amplamente os programas de CAD que descrevemos no capítulo 4 deste trabalho. O que se verifica é que antes da fase de engenharia, os designers estão também incorporando técnicas de apresentação digital com ferramentas da indústria cinematográfica. Laguna afirma que o baixo custo relativo e simplicidade do Autodesk Showcase permitiu visualizar e avaliar rapidamente propostas de design antes da criação dos modelos em *clay* (informação verbal)[28].

Por meio desta tecnologia cada vez mais acessível, as empresas automobilísticas estão utilizando ferramentas de visualização para antecipar a visualização de protótipos com menor custo do que no processo tradicional. O designer pode utilizar o modelo para decidir o posicionamento de equipamentos para adequar a ergonomia, especialmente na visualização de instrumentos ou equipamentos sem a necessidade de modelos físicos.

De acordo com Boisse (BOISSE, 2009), o marketing pode utilizar os modelos tridimensionais digitais para verificar a aceitação de um novo produto antes de introduzi-lo no mercado. Esses modelos também podem ser utilizados para treinar as revendas e concessionárias na familiarização do novo veículo. Para o futuro, a aplicação da capacidade de processamento acelerará a visualização em tempo real e em paralelo o tempo de projeto.

[26] Informação fornecida por Frederico Laguna em São Paulo, em 2009.
[27] VAN DIJK CASPER, G. C. **New insights in computer-aided concept design**. Design Studies 16 vol.1, 1995 pp. 62–80
[28] Informação fornecida por Frederico Laguna em São Paulo, em 2009.

**Figura 53: A "garagem virtual" da empresa Evox permite a criação de cenas que incluem qualquer veículo em produção nos Estados Unidos. Fonte: Autonews.com.**

O processo de concepção do design de novos automóveis é extremamente lento. Mesmo digitalizando a maior parte desse processo, alguns métodos ainda são realizados à mão devido à sua natureza intuitiva e exploratória.

Atualmente, um dos maiores gargalos no design de automóveis é a transformação do desenho 2D (*sketch*) e o modelamento 3D (TOVEY, 2000). Mesmo com a utilização de ferramentas de informática, o desenho 2D desenvolvido em aplicativos como Adobe Photoshop ou Alias Sketchbook e com o modelamento 3D realizado em aplicativos de prototipagem digital como Autodesk Alias, CATIA Shape Design and Styling, NX Shape Studio ou Rhinoceros, a transferência de informação consome bastante tempo.

Embora haja todo um desenvolvimento dos programas de CAD, ainda não existe uma ferramenta que suporte a necessidade do designer em seu processo criativo. A maior parte das ferramentas existentes bloqueia o trabalho do designer por que estas são desenvolvidas para representar idéias bastante consolidadas.

Do *sketch* conceitual à representação 3D, passam-se diversas semanas (TOVEY, 2000), o que é uma das causas para o longo tempo dos ciclos de desenvolvimento da indústria automotiva. Uma melhoria bastante eficiente nesse processo seria unir a facilidade e intuitividade do desenho à mão com as ferramentas de modelamento tridimensional virtual. Nos últimos anos, diversos pesquisadores propuseram novas formas diferentes para tornar a

fase conceitual mais simples, de interfaces físicas diferentes a programas que interpretam o desenho em 2D para 3D automaticamente.

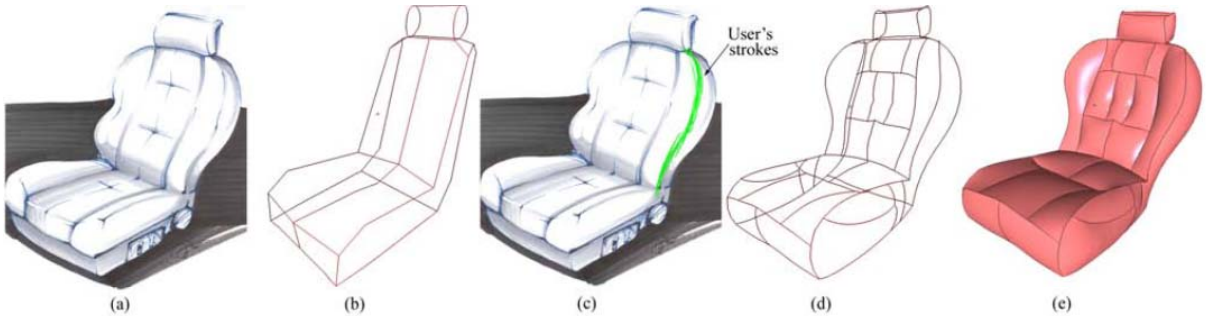


**Figura 54: Exemplo de modelamento automático proposto por Kara et. al (Kara et. al, 2006): (a) *Sketch* 2D, (b) base (*template*) em 3D, (c) alinhamento do *sketch* com a base 3D. O traço sobre o *sketch* modifica diretamente a base 3D. (d) Obtém-se as linhas de contorno. (e) Criação das superfícies.**

Tovey (TOVEY, 2000) concluiu que o modelamento direto inibe a consideração de alternativas que são essenciais na fase de conceituação. Ele também afirma que é uma aproximação convergente, reduzindo possibilidades quando deveria ser divergente, abrindo possibilidades, nas palavras dele "*by-passing creative visual thinking*" (TOVEY, 2003). Embora seja redutor, Tovey (TOVEY, 2000) considera positivo que o designer tenha contato logo no início com as características tridimensionais do design. Como resultado, apesar da opinião de pesquisadores, Tovey em suas duas obras aqui analisadas encontrou impressões positivas nos testes que realizou com os designers no campo de *Sketch Based Modeling* (SBM)[29].

Cruz (CRUZ, 2010), em sua dissertação de mestrado, afirmou que "Somos capazes de reconhecer alguns padrões nos *sketches* e identificar que representam um modelo 3D." A área do SBM abrange as pesquisas realizadas no modelamento tridimensional digital diretamente do desenho feito à mão (*sketch*) e é atualmente estudada por vários pesquisadores, como Tovey (TOVEY 2000, 2003), Honda et. al (HONDA et. al., 1993), Cheutet et. al (CHEUTET et. al, 2005).

[29] *Sketch Based Modeling* é um método de criar modelos 3D para aplicações de computação gráfica 3D por meio de interface gráfica simplificada que permite a conversão automática de desenhos 2D em superfícies 3D. Os programas que dispõem desse método são, por exemplo: Autodesk AliasStudio Tools, Paint3D, ShapeShop, entre outros.

## 3.4 Os modelos tridimensionais físicos

O modelo em *clay* é um modelo de estudo ou de apresentação construído com um material bastante plástico e moldável que permite alterar a forma com facilidade para representar as formas definidas pelo designer através de *sketches* (desenhos à mão-livre). Basicamente é composto de argila e óleo mineral. Representa as qualidades estéticas do objeto a ser produzido. É um modelo de estudo e de apresentação, segundo Hohauser (HOHAUSER, 1970) classifica em seu livro *Architectural and Interior Models*. Em design industrial, os modelos utilizados no processo de desenvolvimento de um produto são: modelos de estudo, modelos de apresentação, *mock-ups* e protótipos. Define-se cada um deles de acordo com sua finalidade:

1. Os modelos de estudo são, idealmente, construídos pelo designer para obter a primeira visualização do projeto. São usualmente utilizados nos primeiros estágios do processo criativo, com foco na representação formal do objeto.
2. Os modelos de apresentação são criados para que o designer apresente graficamente suas idéias ao cliente, com o acabamento necessário para representar com grande fidelidade a construção e o acabamento finais. As alterações de projeto devem ser realizadas fielmente e se necessário, construir um novo modelo.
3. O *mock-up* é sempre um modelo em escala real, construído para representar exatamente o produto acabado. Utiliza-se a maior quantidade possível de materiais reais ou materiais que não permitam ao observador distinguir a diferença. O mock-up serve para fazer a verificação final da aparência e frequentemente para verificar relações de usabilidade ou de ergonomia.
4. Os protótipos são modelos funcionais com capacidade operacional total, utilizando os mesmos materiais e acabamentos do produto final para o consumidor. É o produto final fabricado manualmente para as verificações finais de produção.

Como descrito no capítulo 2, Harley Earl foi pioneiro ao incluir técnicas das artes plásticas no design de automóveis com o uso de *clay* para criar modelos para avaliar os automóveis que desenvolvia desde que passou a trabalhar na empresa de coachbuilding do pai. Segundo Yamada (YAMADA, 1993, p.7), Earl utilizou argila à base de água, em 1919. A argila utilizada

em artes plásticas para modelar esculturas é composta basicamente de argila e água. No design industrial utiliza-se o *clay* industrial, que é composto basicamente de cera e enxofre, comercializado com os nomes de *plasticina*, *plastilina*, *plastilin* ou *industrial clay*. É fabricado por várias empresas, como por exemplo Chavant, Staedler, Eberhart Faber e Kolb (YAMADA, 1993).

Até então os modelos eram construídos em madeira e qualquer alteração era uma tarefa complexa. O *clay* industrial foi usado por volta de 1927 quando Joseph Thompson, um dos designers do Art & Color de Earl, utilizou-o no modelo do Cadillac LaSalle (YAMADA 1993, p.7). A produção do modelo em *clay* do LaSalle impressionou tanto os executivos da GM, incluindo o presidente Alfred Sloan, que o carro foi imediatamente colocado em produção (GARTMAN, 1994).

A construção do modelo em *clay* ainda ocorre no mesmo processo estabelecido por Earl nos anos 1920. Após a definição do tema básico por *sketches*, Earl ordenava a criação de desenhos ortográficos, vistas frontal, lateral e posterior, em escala real na parede do estúdio, chamados de *surface development* (desenvolvimento de superfícies), em lápis colorido sobre papel preto. A importância dos desenhos em escala real foi aprendida por Earl na época em que trabalhava em *coachbuilding*, por isso despendia bastante tempo nesta fase. Quando as linhas principais estavam definidas, os designers adicionavam cor e sombras nos desenhos para melhorar a percepção das formas propostas. Quando Earl estava satisfeito com o resultado formal obtido, ordenava a construção de gabaritos e perfis em madeira para a construção do modelo em *clay*. No início utilizavam madeira e gesso, que foi rapidamente substituído pelo *clay* (GARTMAN, 1994).

**Figura 55: Desenho em escala real do Buick Wildcat III 1955 sendo aerografado.**

Para a construção dos gabaritos, utiliza-se as superfícies desenvolvidas nos desenhos ortográficos para cortar em madeira o perfil correspondente que será usado para verificar a conformidade da superfície; os gabaritos usados a cada 30 cm ou menos se necessário, nos três planos, longitudinal, transversal e horizontal do modelo. (GM STYLING STAFF, 1955).

O modelo em escala real é utilizado como referência para toda a informação das superfícies que a engenharia necessita para análise e projetos estruturais e de ferramentaria. É o meio formal de comunicação entre designers e engenheiros (TOVEY, 1992, pp.24-25).

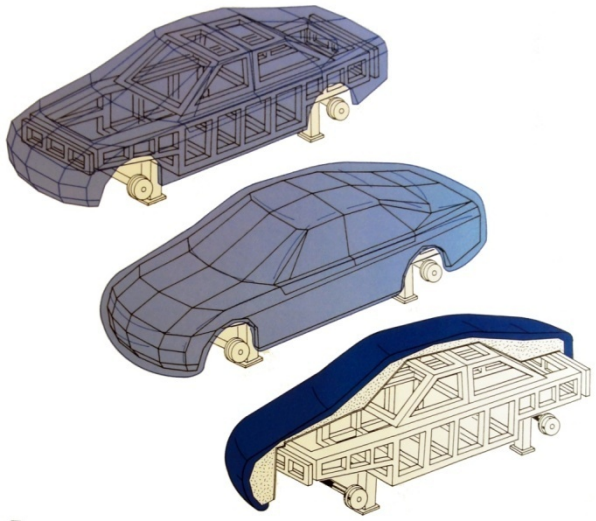

**Figura 56: Estrutura e camadas de espuma e *clay* dos modelos em escala real. (YAMADA, 1993)**

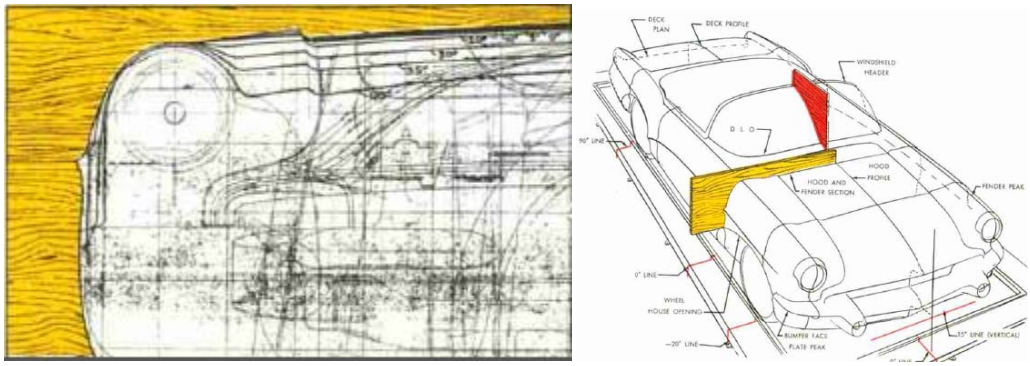


**Figura 57: Gabarito em madeira para verificação do perfil no modelo em *clay*. Fonte: GM Styling Staff**

Esses modelos em *clay* permitem conjugar os desenhos separados em um conjunto unificado cujas dimensões podiam ser alteradas facilmente pelos designers. Um marceneiro montava a estrutura de madeira incluindo rodas, nas dimensões do projeto. Sobre esta estrutura, os modeladores aplicam o *clay* e esculpem o modelo sob a supervisão da equipe de designers. O *clay* era aquecido até ficar maleável, a cerca de 50 graus Celsius e moldado sobre a armadura de madeira com os gabaritos para ajustar a forma com precisão. Como o modelo em *clay* requer mais detalhes do que os desenhos continham, a equipe de designers de Earl muitas vezes trabalhava com os modeladores para definir esses detalhes. No início Earl preferia apresentar suas idéias aos executivos nesse estágio e ao longo dos anos desenvolveu gradualmente técnicas para que a aparência dos modelos em *clay* se aproximasse o mais possível com carros reais, como filmes coloridos e espelhados para simular vidros, pintura e cromados. Uma vez que o modelo era aprovado, os construtores do *Art and Color* construíam uma réplica de madeira ou metal a partir da qual as matrizes e estampos eram fabricadas (GARTMAN, 1994).

**Figura 58: Barras de *clay* industrial. Fonte: Nissan.**

No processo de design, a etapa que mais consome tempo é a criação dos modelos físicos em *clay*. Com o uso de ferramentas de CAD, esse processo foi bastante reduzido, já que o mesmo modelo digital pode ser utilizado para programar ferramentas que usinam o modelo em *clay* e para a engenharia industrial. Esse já é um processo utilizado na indústria, com ênfase em cada fase e, de acordo com a política de cada empresa, o estúdio cria modelos em escala reduzida e real para utilização em pontos-chave do desenvolvimento do projeto.

Colborn (COLBORN, 2007) afirma que fora da comunidade dos designers de automóvel existe a idéia de que os carros são projetados por computador. Isto ocorre porque em um estúdio de design moderno há um computador com *tablet* em toda mesa. Os designers atualmente passam a maior parte do tempo trabalhando em softwares como AliasStudio e Photoshop.

**Figura 59: Modeladores digitais (esq.) e modeladores físicos (dir.).**

## 3.5 Processo de escaneamento a laser

Mesmo com o aumento contínuo do papel dos computadores no design automotivo aumentando continuamente, para quase todo novo modelo de automóvel é construído um modelo em *clay*. O *clay* ainda é a principal maneira de visualizar o projeto. Entretanto, para dar continuidade nos trabalhos, as superfícies devem ser digitalizadas para o uso de programas de CAD.

Originalmente, as empresas utilizavam um sistema composto por uma máquina de medição de coordenadas chamada de CMM (*Coordinate Measuring Machine*) e um digitalizador mecânico para coletar coordenadas usadas para criar superfícies no programa de CAD (LASER [...], 2012). Como a operação era realizada manualmente, o número de pontos obtido era limitado e a precisão dependia da capacidade do operador em posicionar e manter a sonda em contato com o *clay* sem exercer pressão excessiva. Neste processo, não havia tempo para digitalizar detalhes como faróis, grades e retrovisores (CASE [...], 2004). Uma porta podia levar algumas semanas para ser medida, prejudicando prazos (LASER [...], 2012).

O sistema por máquinas CMM utiliza medições por contato, que aumentava a possibilidade de imprecisões na digitalização. O escaneamento a laser, chamado de 3D *laser scanning* ou 3D *object scanning*, utiliza um dispositivo que emite feixes de laser controlados enquanto sensores coletores recebem a informação refletida pela superfície e calculam a distância percorrida pela luz. O sensor ModelMaker da NVision, utilizado na Volkswagen, captura 10 mil pontos por segundo, resultando em uma nuvem de pontos 3D mais densa para obtenção de superfícies precisas (CASE [...], 2004).

O trabalho de escaneamento inicia-se com a calibração do *scanner*, fixando-se um cubo de dimensões conhecidas para estabelecer um sistema de coordenadas. Hans Lapine, *chief modeler* da Volkswagen & Audi Design Center, afirma que o tempo de escaneamento de um modelo em escala 1:4 é de cerca de dois a dois dias e meio, o mesmo tempo que se despendia utilizando o digitalizador físico. A diferença, além da quantidade de pontos obtida, é a possibilidade de escanear detalhes que antes eram impossíveis de alcançar com a sonda (CASE [...], 2004).

Com o *scanner* calibrado, os pontos obtidos na medição de cada feixe de laser são montados em forma de nuvem de pontos em um processo conhecido por *merging* (união, combinação). O programa de CAD incluso no ModelMaker realiza correções removendo pontos perdidos e preenchendo vazios na superfície antes de exportar o arquivo em formato de estereolitografia (STL). Este formato é importado por programas de modelamento, como por exemplo CATIA ou AliasStudio, para o realizar ajustes de simetria e de alisamento das superfícies. O modelo digital obtido pode ser preparado para gerar os comandos de uma máquina CNC (CASE [...], 2004).

O uso de escaneamento a laser proporciona um método eficiente de criação de superfícies sem necessidade de operações complexas em ferramentas de CAD, tornando o processo mais eficiente e praticamente automático (LASER [...], 2012). Erdu et. al (ERDU et. al, 2006) afirmam que o processo com o uso do escaneamento a laser apresenta vantagens porque o modelo em *clay* pode ser usado para gerar dados diretamente para o modelamento em CAD e, a partir desse modelo digital, a criação de imagens e animações para apresentação.

**Figura 60: Modelo em *clay* sendo usinado por máquina CNC. Fonte: Car Body Design.**

**Figura 61: Scanner para digitalização ótica. Fonte: Proto3000.**

## 3.6 Considerações

Segundo McCosh, em artigo no jornal *The New York Times* (MCCOSH, 2003), no momento em que o *Art & Color Section* começou a trabalhar sob a tutela de Harley Earl em 1927, para os designers de automóveis, a forma deixou de seguir a função. Earl definiu o axioma de que o design vende carros e para dar forma às suas idéias, começou a esculpir automóveis em *clay*. Atualmente, os designers utilizam programas de computador para criar suas idéias, podendo representá-las em salas de realidade virtual. Entretanto, todo novo projeto de automóvel é visualizado por meio de modelos esculpidos em *clay*, pois dificilmente um modelo será produzido sem a verificação desse modelo. O processo de construção foi acelerado com o uso de máquinas CNC, mas ainda se utiliza bastante trabalho manual.

O modelador de *clay* é um profissional que capta a intenção do designer e a materializa em forma de objetos tridimensionais. Haruo Yuuki (apud NISSAN, 2008), designer da Nissan afirma que a relação entre designers e modeladores pode ser comparada àquela entre compositores e músicos, é uma interpretação da intenção, que envolve técnica e habilidade.

Shiro Nakamura, designer chefe da Nissan, indica que a empresa tem promovido a digitalização dos processos porque é importante reduzir os prazos de desenvolvimento de novos carros, mas o papel do modelador (e do modelo em *clay*) é essencial para atender à necessidade de "qualidade emocional" que os consumidores buscam atualmente (NISSAN, 2008).

McCosh (MCCOSH, 2003) afirma que surgiu uma grande demanda por modelos em *clay* porque existe atualmente uma grande competição na busca do design mais inovador entre os automóveis. A alguns anos pensava-se que o uso de computadores reduziria a demanda por modelos em *clay*. McCosh conclui que as superfícies produzidas em computador muitas vezes não são visualmente agradáveis, sendo os modelos em *clay* a maneira mais confiável para os designers, gerentes e engenheiros verificarem e aprovarem o projeto.

Os resultados alcançados pelo uso de protótipos digitais no desenvolvimento do novo Fox da Volkswagen, de acordo com Sordi e Valdambrini (SORDI; VALDAMBRINI, 2006), refletiram-se na redução do tempo de desenvolvimento do primeiro protótipo, de 12 para 8 meses. Também houve redução dos custos totais da produção dos protótipos de U$ 900 mil para U$ 300 mil. A Volkswagen construía aproximadamente setenta protótipos físicos para testes e com a introdução da tecnologia reduziu para aproximadamente vinte (SORDI; VALDAMBRINI, 2006).

**Figura 62: Modelo final em clay, aprovado para produção, do Alfa Romeo Giulietta. Fonte: Car Design News.**

# 4

# 4. Computação Gráfica

## 4.1 Introdução

As técnicas que o designer utiliza para criar desenhos, apesar da influência de processos digitais, continuam sendo a principal ferramenta para desenvolvimento de projetos de automóveis. O *sketch*, seja criado com técnicas manuais ou digitais, ainda é a principal forma de comunicação entre o designer e o modelador. Gartman (GARTMAN, 1994) considera bastante crítica essa etapa de transformação dos desenhos em 2D para um modelo em três dimensões. Antes do uso das ferramentas digitais, o designer muitas vezes tinha de intervir cooperando com os trabalhos de modelamento em *clay*.

O uso de técnicas de design digital revolucionou a indústria automobilística ao permitir o desenvolvimento de protótipos virtuais, a comparação de veículos conceituais com veículos em produção e a simulação de diferentes condições ambientais como iluminação, cenários urbanos ou rurais entre outros parâmetros. Além da visualização conta-se ainda com a possibilidade de interação e teste virtual dos veículos sem necessidade de construção de modelos físicos. Os modelos digitais utilizados no desenvolvimento do design podem ser processados para obtenção e análise de dados de engenharia para verificações estruturais, de produção, de viabilidade técnica e até mesmo para a engenharia de manufatura construir formas e estampos para a fabricação. Por meio da computação gráfica, as empresas podem explorar as possibilidades de um produto em um ambiente virtual sem construí-lo fisicamente.

Antes do software de CAD, o modelador deveria construir um modelo físico a partir de *sketches* que representassem em 3D o veículo proposto pelo designer. Esse processo ainda permanece na indústria automobilística, embora o modelador agora realize esta etapa

digitalmente. Observamos porém que as técnicas digitais reduziram bastante o tempo de desenvolvimento de um novo veículo.

Neste trabalho foi definido um recorte para os programas de CAD atualmente utilizados na indústria automobilística para o desenvolvimento de projetos de automóveis nas suas formas exteriores e interiores. Este recorte restringiu-se aos programas utilizados pelos designers e engenheiros para obter o modelamento tridimensional depois da concepção 2D feita por *sketches* e antes do desenvolvimento para engenharia industrial.

Outro critério adotado para selecionar os programas foi considerar apenas os casos em que as empresas proprietárias continuam a mantê-los de forma constante e contínua. Os programas descontinuados serão apenas citados quando tiverem relevância histórica.

## 4.2 Histórico

Este capítulo descreve os principais sistemas e programas de computador de apoio ao desenvolvimento de projetos de veículos, chamados de CAD (*Computer Aided Design*) e de CAS (*Computer Aided Styling*). Em uma análise histórica, pretende-se abordar a evolução da representação das superfícies complexas e as representações realistas para visualização.

Os algoritmos que definem as superfícies complexas, têm como base o estudo sobre curvas *splines* e os métodos de controle para modificação propostos por Bézier na década de 1960. A interação do objeto representado é fundamentada nas teorias apresentadas por Sutherland, em 1963, por meio do seu programa *Sketchpad*, com interface gráfica dirigida à representação das curvas. A intenção de Sutherland (BLACKWELL; RODDEN apud SUTHERLAND 2003, p.3)[30] era tornar o computador acessível a outros tipos de usuários como artistas e desenhistas, ao mesmo tempo em que pretendia remover a divisão existente entre programadores e usuários.

Na década de 1970, com a necessidade de acelerar o lançamento de novos produtos, as empresas automobilísticas desenvolveram internamente programas de computador para apoiar diversas fases do fluxo de trabalho, como no caso do sistema ICEM (*Integrated Computer-Aided Engineering and Manufacturing*) criado pela Volkswagen em parceria com a empresa Control Data (JOORMAN; TEUNIS, 1986) e do sistema COSMOS (*Compound Surface Modelling Systems*) desenvolvido pela Toyota (OHARA; HIGASHI, 1983), ambos utilizados no modelamento de superfícies complexas. Neste período, as empresas desenvolveram os programas para todo o processo de trabalho, incluindo o desenvolvimento do estilo com programas de CAS (*Computer Aided Styling*) até programas para simulação de engenharia ou CAE (*Computer Aided Engineering*).

O início dos anos 1990 marcou a disponibilidade comercial de programas CAD/CAM/CAE desenvolvidos por empresas especializadas e o gradual cancelamento do desenvolvimento de soluções "*in-house*".

[30] SUTHERLAND, Ivan. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**. Technical Report no. 574. Prefácio de Alan Blackwell e Kerry Rodden. Cambridge, UK, set. 2003.

Ao apresentar, no capítulo 5, os programas de CAD e CAS utilizados atualmente, pretendemos destacar, entre seus processos e ferramentas, que os núcleos de cálculo (*kernels*) e equações utilizadas na criação das superfícies dos automóveis têm origem nos estudos de matemáticos e engenheiros dos anos 1960, como Bézier, Coons, Casteljeau, Ferguson e Boor. Esses núcleos de cálculo definem como as superfícies serão construídas nos programas de CAD e torna-se importante destacá-los na argumentação da questão que norteia este trabalho.

Blackwell e Rodden (apud SUTHERLAND 2003, p.3)[31] consideram que a origem dos programas de CAD foi o *Sketch*pad desenvolvido em 1963 por Ivan Sutherland. Pouco difundido como aplicativo, rodava em um computador com *hardware* especial e fora dos padrões comerciais da época, utilizando como interface uma caneta de luz que permitia a interação direta com o monitor do computador. As idéias e conceitos de Sutherland foram discutidos em seu artigo[32] publicado em conferência da AFIP (*American Federation of Information Processing Societies*) como parte de seu doutorado no MIT em 1963 e foram aplicados em desenvolvimentos subseqüentes dos atuais programas de CAD.

Na mesma conferência, seu orientador, o Prof. Steven Coons do MIT publicou um artigo[33] que relaciona o desenvolvimento do CAD a partir da programação de ferramentas automáticas (APT) utilizada em máquinas fresadoras conectadas a um computador Whirlwind.

Após a publicação do artigo de Sutherland, as indústrias automotiva e aeroespacial decidiram investir no conceito desenvolvendo seus internamente seus próprios programas. De acordo com Ohara e Higashi (OHARA; HIGASHI, 1983), o desenvolvimento do DAC-1 (*Design Augmented by Computer*) na GM em *joint-venture* com a IBM marcou o início das aplicações de CAD na indústria automotiva em 1964.

---

[31] SUTHERLAND, Ivan. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**. Technical Report no. 574. Prefácio de Alan Blackwell e Kerry Rodden. Cambridge, UK, set. 2003.

[32] SUTHERLAND, Ivan. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**, AFIPS, Spring Joint Computer Conference, Detroit, Michigan, May 21-23, 1963, pp. 329-346.

[33] COONS, Steven, **An Outline of the Requirements of a Computer-Aided Design System**, AFIPS, SJCC 23, 1963, pp 299-304.

A década de 1960 foi marcada pelo esforço na utilização de computadores nas indústrias automotiva e aeronáutica para o modelamento de superfícies tridimensionais e programação numérica para controle de máquinas. Com a contribuição de muitos profissionais e pesquisadores em esforços isolados, os sistemas de CAD atingiram o atual estágio de desenvolvimento.

Alguns destes profissionais são Pierre Bézier, Paul de Casteljau, Steven Coons, James Ferguson, Patrick Hanratty, fundador da MCS (*Manufacturing and Consulting Services, Inc.*), entre outros. A MCS desenvolveu e forneceu o *kernel* de diversos sistemas CAD como o Unigraphics da McDonnell Douglas, o CADDS da Computervision, o AD380 da AUTOTROL e o CD-200 da Control Data. De acordo com a MCS, mais de 70% dos sistemas atuais de CAD/CAM 3D têm seu código baseado no original da MCS[34]. Em 1957, Dr. Hanratty criou o primeiro sistema de programação por controle numérico que foi comercialmente chamado de PRONTO.

Pierre Bézier trabalhou para a Renault de 1933 a 1975. Seu trabalho consistia na programação numérica de ferramentas e passou boa parte de sua carreira na empresa trabalhando no sistema de CAD/CAM UNISURF. Sua principal contribuição foi criar um sistema interativo para o desenvolvimento de curvas utilizando "nós de controle". Estas curvas são conhecidas hoje como Curvas Bézier. O seu sistema foi lançado em 1968 e em uso operacional desde 1975 para modelamento de superfícies, usinagem de modelos em *clay* e fabricação de matrizes.

Bézier disse, em 1971, que seu sistema apoiava estilistas (designers) no desenho e criação das formas imaginadas por meio de ferramentas de controle numérico, não somente a partir da conversão dos arquivos, mas desde sua concepção (BÉZIER, 1971). As superfícies de Bézier usam os mesmos pontos de controle e são usadas em computação gráfica, sistemas CAD e modelamento por elementos finitos.

[34] Informação do *website* da empresa Manufacturing and Consulting Services, Inc.(MCS). Disponível em: <http://www.mcsaz.com/about/founder.htm>. Acesso em 28/08/2011

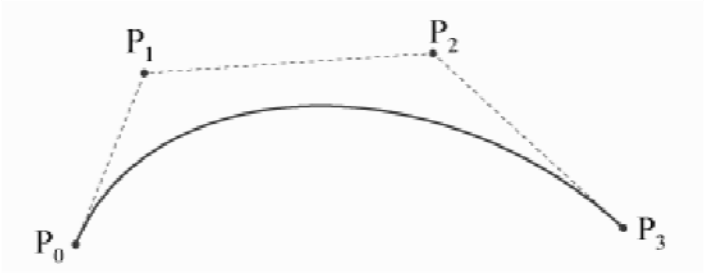


**Figura 63: Exemplo de curva Bézier cúbica e seus pontos de controle.**

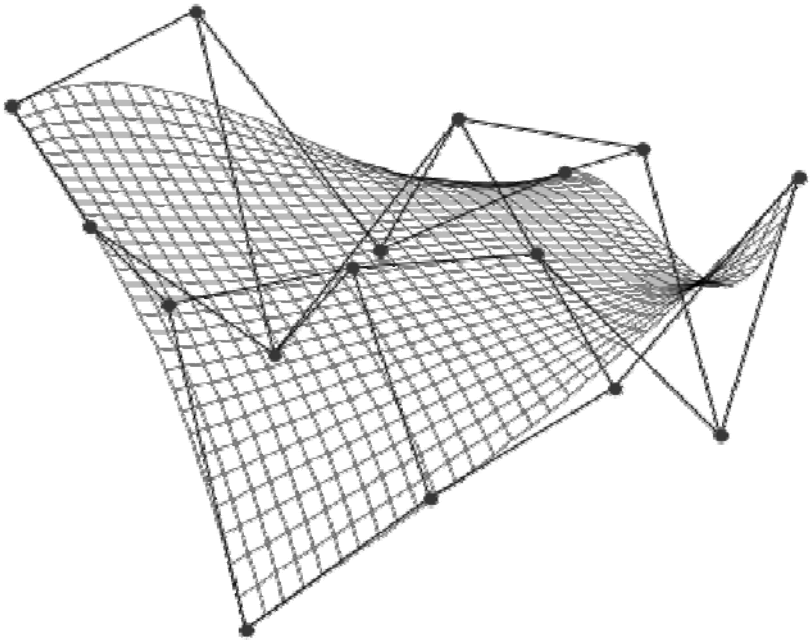

**Figura 64: Exemplo de superfície Bézier com os pontos de controle.**

Paul de Casteljau, trabalhou na Citroën e desenvolveu, em 1959, um algoritmo para computar curvas Bézier mais rapidamente, dividindo uma curva Bézier em duas (ver figura abaixo). Considera-se uma curva Bézier à esquerda; subdivide-se o polígono de controle de acordo com a equação t:(1-t) ao centro; obtém-se um ponto de controle que subdivide a curva inicial.

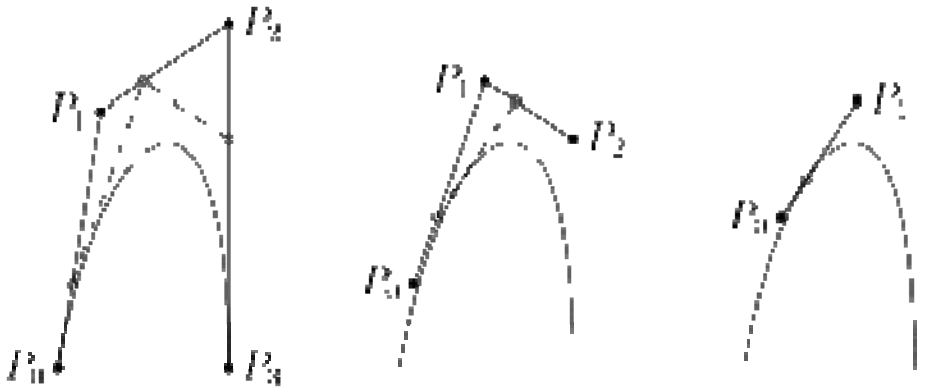

**Figura 65: Descrição geométrica do Algoritmo de Casteljeau.**

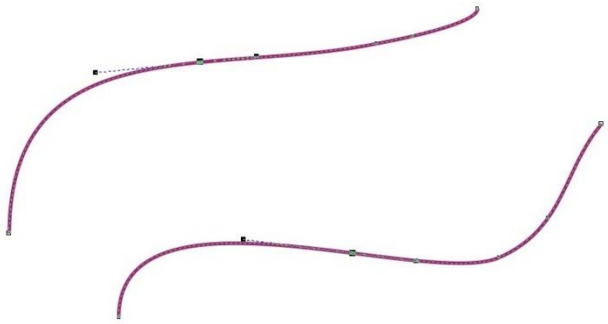

**Figura 66: Exemplo de utilização de pontos de controle no programa CorelDRAW da Corel. Fonte: coreldraw.com**

Steven Anson Coons era professor de engenharia mecânica do Massachusetts Institute of Technology e trabalhava com ferramentas de computação gráfica para projetos de engenharia. Quando era estudante, Coons trabalhou na Chance Vought Aircraft Company e lá desenvolveu um método para calcular superfícies de curvatura dupla. O trabalho de Coons sobre superfícies de aeronaves levou à publicação de um tratado conhecido como "*The Little Red Book*" com teorias que levaram ao posterior desenvolvimento das superfícies booleanas e das NURBS (COONS, 1963). Uma superfície *Non-Uniform Rational B-spline* (NURBS) é a maneira matemática mais flexível para se representar uma superfície em um modelo. É facilmente modificada porque cada nó de controle afeta somente uma parte limitada da superfície e é análogo aos pontos de controle das curvas *B-spline*.

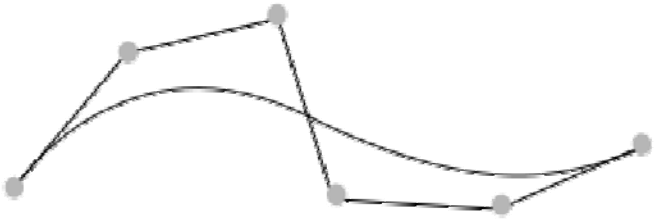

**Figura 67: Curva NURBS**

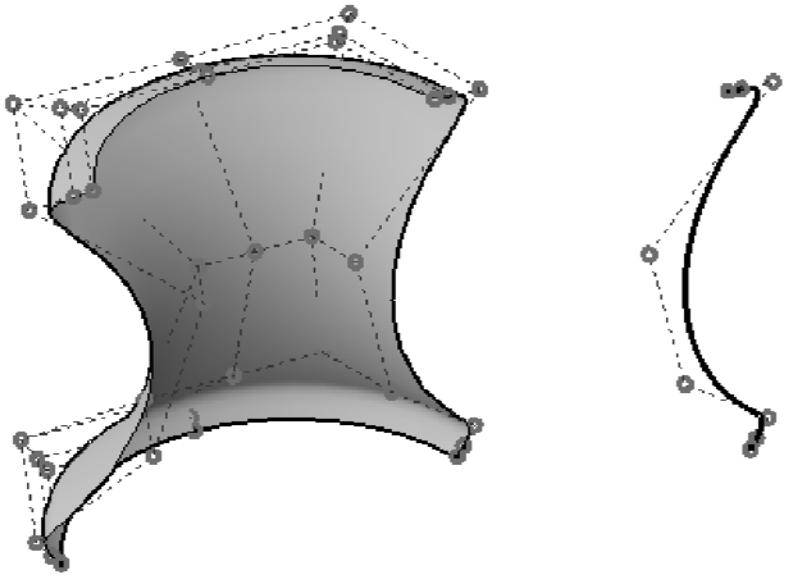

**Figura 68: Superfície NURBS**

James Ferguson publicou, em 1964, um estudo para interpolação de curvas de muitas variáveis para aplicação em diversas áreas, inclusive para máquinas CNC (FERGUSON, 1964).

Carl-Wilhelm Reinhold de Boor é um matemático alemão que trabalhou com Garret Birkhoff em Harvard e, em seguida, para a General Motors, criando posteriormente outros métodos para cálculo mais rápido de curvas *B-spline*. Garrett Birkhoff, por sua vez, era matemático americano e também desenvolveu métodos computacionais para representar curvas *spline* (BOOR, 1962).

Citado anteriormente, o Dr. Hanratty, em 1971, desenvolveu por meio de sua empresa, a MCS, um programa independente chamado de ADAM (*Automated Drafting and Machining*) que possibilitava desenhar (CAD) e usinar (CAM) peças em um único sistema. Ele considera que, desde o lançamento do sistema paramétrico do Pro/Engineer pelo Dr. Samuel P.

Geisberg em 1988, nenhuma inovação realmente relevante foi lançada no mercado de CAD/CAM (WAURZYNIAK, 2010). O ADAM foi licenciado para a Computervision desenvolver o CADDS, para a Gerber Scientific (IDS 3), Tektronix (Teknicad) e para a United Computing (Unigraphics), entre outros.

Samuel P. Geisberg fundou a PTC (Parametric Technology Corp.) em 1985 e desenvolveu um programa de CAD/CAM nos anos seguintes, trazendo inovação reconhecida por todos os seus concorrentes da época: possibilitava a alteração de parâmetros em um objeto que se refletiria em todos os outros objetos do modelo, dando ao projetista mais flexibilidade para testar outras opções. Outros programas foram desenvolvidos nos anos 1960 e 1970, como o Intergraph IGDS, que levou ao desenvolvimento do Bentley MicroStation. Nos anos 1980, graças às contribuições dos pesquisadores citados anteriormente, os programas evoluíram, principalmente no modelamento de superfícies 3D, permitindo o uso em uma grande gama de aplicações no design e na engenharia (CADAZZ, 2004).

No final da década de 70, com a diversidade de programas, códigos e formatos, a Boeing, a General Electric e o NIST (*National Institute of Standards and Technology*)[35] colaboraram para a criação do formato IGES (*Initial Graphic Exchange Standard*) em 1979. Esse formato tornou-se padrão para o compartilhamento de informações de superfícies complexas como as NURBS e ainda é utilizado no compartilhamento de arquivos entre modeladores de superfície classe-A e programas de CAD. Em 1981, foram lançados os programas ShapeData, CATIA e Unigraphics. O AutoCAD 2D é de 1982. Em 1988 surgiu o Pro/ENGINEER com o conceito de objetos parametrizados e *feature modeling* - modelamento por parâmetros estruturados simulando o processo de fabricação (CADAZZ, 2004).

Na evolução dos programas de CAD é preciso indicar a importância do desenvolvimento do Parasolid e do ACIS, núcleos de processamento (*kernels*) para representação de superfícies por meio de seus limites (*boundaries*), chamados de *Boundary representation (B-rep*), que permitiam manipular consistentemente a geometria e topologia de objetos 3D. A geometria são as superfícies, curvas e pontos. A topologia é constituída principalmente por faces, bordas e vértices. Essa tecnologia foi utilizada nos programas SolidWorks (1995), Intergraph

[35] O National Institute of Standards and Technology é uma agência governamental não-regulatória da administração de tecnologia do Departamento de Comércio dos Estados Unidos.

SolidEdge (1996) e Autodesk Inventor (1999). O Bentley MicroStation adicionou o núcleo Parasolid nos anos 1990 (CADAZZ, 2004).

A atual convergência das soluções de CAD se deu por meio de aquisição de ações das empresas ou diretamente da sua tecnologia. Há casos em que a empresa foi adquirida para depois se tornar fornecedora independente no mercado, como no caso da EDS.

Sendo a área de pesquisa deste trabalho relacionada ao desenvolvimento do projeto de automóveis, considerou-se relevante descrever analiticamente somente as soluções de software que estão em uso na última década pelas grandes montadoras, e aquelas que são utilizadas no desenvolvimento de superfícies. Nesse grupo estão os software de CAD e CAS que comporão o recorte deste capítulo.

## 4.3 Fundamentos matemáticos na Computação Gráfica

Para uma melhor compreensão das ferramentas mais utilizadas na criação de superfícies complexas o capítulo apresentará os conceitos básicos de curvas e superfícies mais utilizadas pelos software de CAD, CAM CAE e CAID.

**Tipos de curvas sintéticas usadas em sistemas CAE/CAD/CAM/CAID**

- curvas splines cúbicas (ou de Hermite) - são curvas interpolantes, como as obtidas com o uso de *splines* na construção naval.

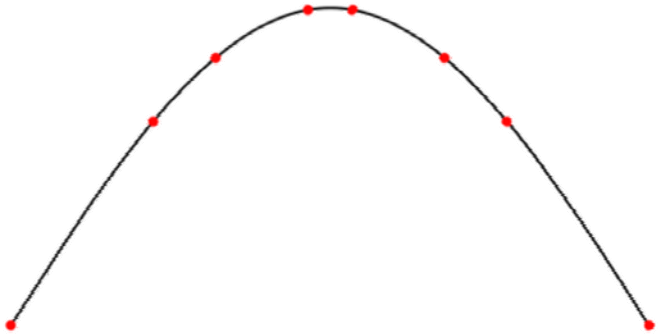

**Figura 69: Curva *spline* cúbica. Fonte: Stamcose**

- curvas de Bezier - são curvas aproximativas e garantem continuidade de primeira ordem ($C^1$).

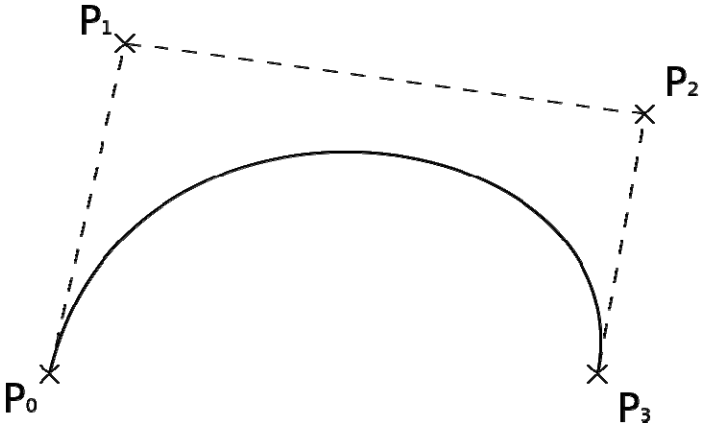


**Figura 70: Curva de Bézier. Fonte: Marian Sigler**

- curvas *B-splines* - são também aproximativas mas, em certas condições, podem ser interpolantes e garantem continuidade de primeira ordem ($C^2$).

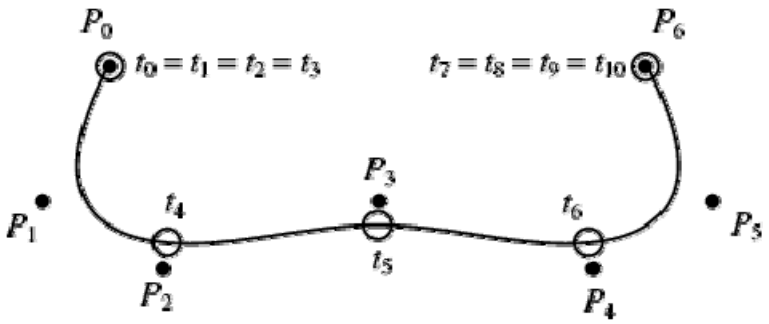


**Figura 71: Curva *B-spline*. Fonte: MathWorld.**

A curva polinomial cúbica (de ordem 3) é a polinomial de mais baixa ordem que permite a inflexão da curva dentro do segmento dela mesma e uma representação não planar (torcida) de curvas espaciais. É representada pela equação $ax^3+bx^2+cx+d=0$ e a visualização mais comum é a curva representada na figura abaixo.

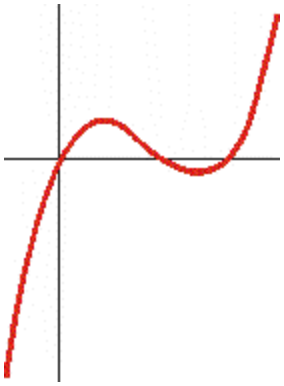

**Figura 72: Exemplo de curva polinomial.**

Os polinomiais de alta ordem (maiores de que 4) não são comuns em CAE/CAD/CAM pois elas tendem a oscilar em torno dos pontos de interpolação, sendo computacionalmente inconvenientes – possuem um grande grau de restrição de movimentos e seu armazenamento é custoso. O tipo de entrada de dado e sua influência no controle da curva determina o seu uso e eficácia da curva no projeto.

Outro fator importante é a continuidade da curva, que pode ser classificada em três tipos: Posição (G0), Tangente (G1) e Curvatura (G2).

A continuidade do tipo Posição (G0) implica que os pontos finais das curvas têm a mesma posição x,y e z. Na figura abaixo, os gráficos em verde sobre as curvas chamam-se *curvature combs*, que são um modo de analisar a curvatura. O círculo vermelho indica o ponto congruente entre as curvas.

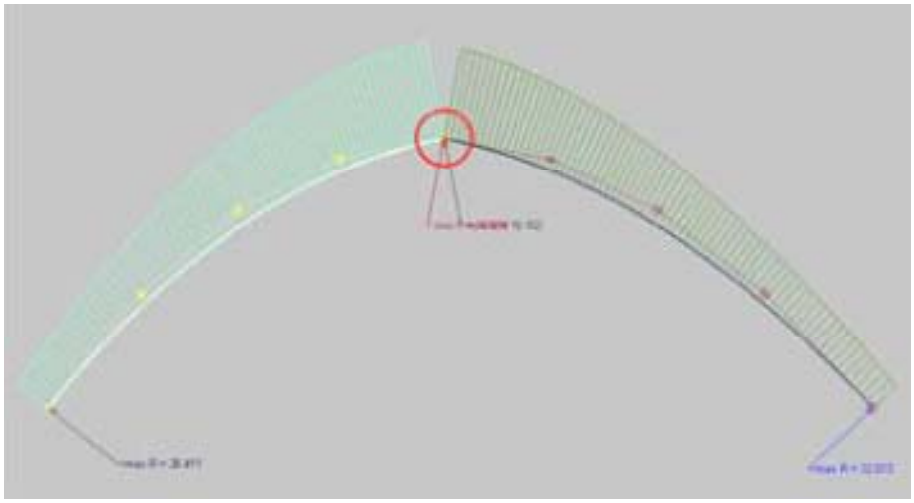

**Figura 73: Continuidade tipo Posição (G0). Fonte: Autodesk.**

A Tangente (G1) implica que a continuidade entre as curvas é tangente. Entretanto, conforme observa-se na figura abaixo, os gráficos de *curvature comb* interligam-se abruptamente:

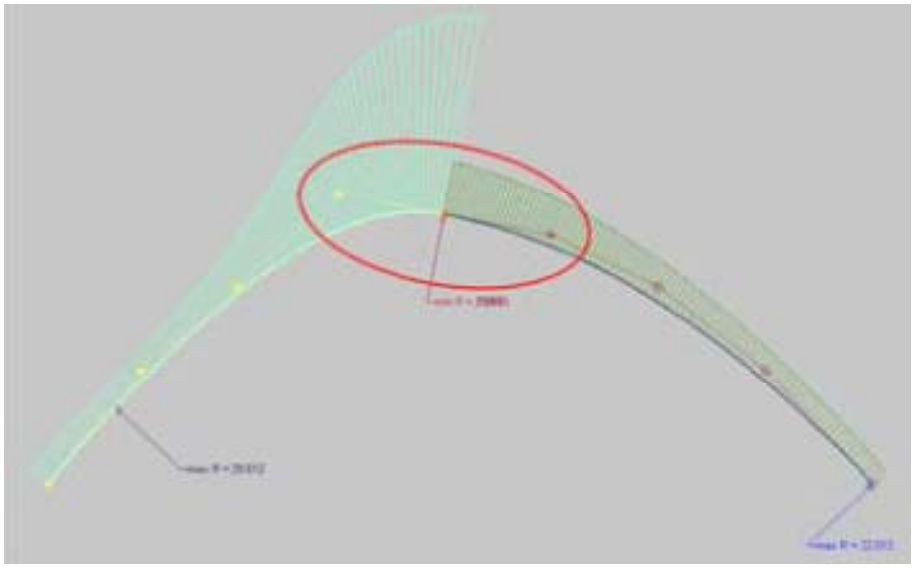

**Figura 74: Continuidade tipo Tangente (G1). Fonte: Autodesk.**

Na continuidade do tipo Curvatura (G2) os gráficos de *curvature comb* formam uma curva suave como na figura abaixo:

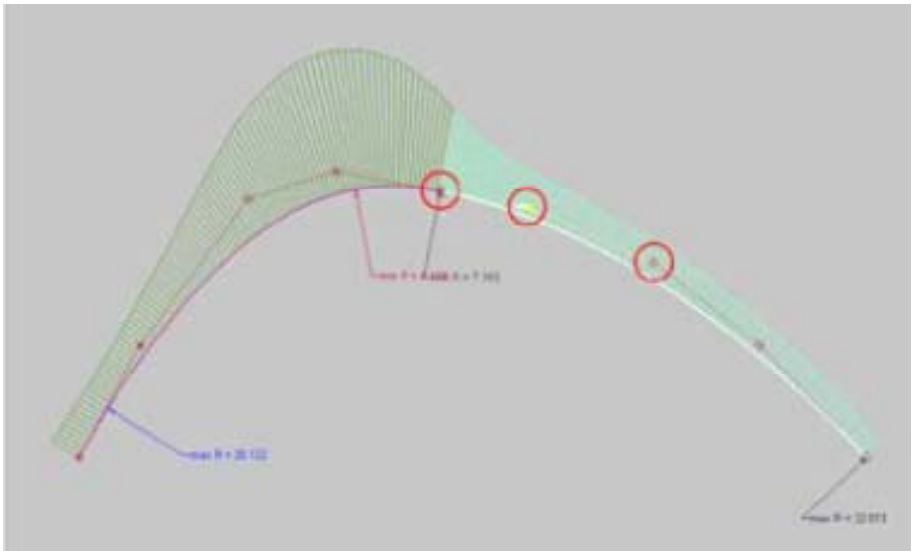

**Figura 75: Continuidade tipo Curvatura (G2). Fonte: Autodesk.**

**Curvas Bézier**

As ferramentas desenvolvidas por Pierre Bézier durante seu trabalho no final dos anos 1960, foram as primeiras concebidas especificamente para uso no design industrial. No início deste capítulo descrevemos um resumo da biografia de Bézier e de outros contemporâneos que colaboraram nas teorias de representação de curvas e superfícies em computador.

Bézier trabalhou para a Renault de 1933 a 1975, na programação numérica de ferramentas de usinagem. Passou boa parte de sua carreira na empresa trabalhando no sistema (já extinto) chamado UNISURF. Ele descreveu que os departamentos de design da companhia poderiam se beneficiar do uso de suas ferramentas para construir modelos de novos projetos. Considerava que a técnica oferecia tal definição que a ferramentaria poderia utilizar o mesmo modelo de estudo na fabricação de matrizes e estampos. Para ele, a grande precisão obtida por meio de seu sistema reduziria custos e prazos nas operações de desenho, de usinagem e de fabricação das ferramentas (BÉZIER, 1971).

Os designers de automóveis dedicavam sua atenção ao desenvolvimento de superfícies de forma livre (*freeform surfaces*) que pudessem ser utilizadas na fabricação de matrizes de estampos. Este tipo de superfície *freeform* é utilizada por vários segmentos de indústria, como a naval e a aeronáutica na concepção de fuselagens, cascos e hélices, dentro de parâmetros aerodinâmicos ou hidrodinâmicos, com algum grau de liberdade para criação de novas formas. As superfícies *freeform* utilizadas no projeto de carrocerias de automóveis, por exemplo, são chamadas de Classe A.

As superfícies podem ser construídas atendendo níveis de qualidade que dependem do objetivo do modelo e do tempo alocado ao projeto. Por exemplo, um modelo que será utilizado para usinar um modelo em *clay* em escala 1:4 terá parâmetros diferentes em relação a um modelo final em CAD de alta qualidade como CATIA ou NX. Os níveis de qualidade – Classe A, B ou C, não são padronizados, uma vez que cada empresa os determina. De acordo com a Autodesk (AUTODESK, 2007, p.3), a qualidade da superfície pode ser determinada a partir de três perguntas:

> 1. *"As tolerâncias de continuidade entre superfícies são as mesmas tolerâncias requeridas para os dados da fase seguinte (CAD, usinagem, análise)?*
> 2. *A qualidade dos highlights e dos curvature combs atendem os requisitos do designer responsável pelo modelamento?*
> 3. *Os requisitos de dados externos de outros sistemas atendem aqueles usados para criar o modelo?"*

Antes do advento desta forma de representação em computador, as superfícies desenvolvidas eram armazenadas como tabelas de coordenadas, portanto, antes da inovação de Bézier, o processo de projeto do papel ao protótipo era mais longo e envolvia um número maior de profissionais.

Les A. Piegl, professor do departamento de Engenharia e Ciência da Computação da University of South Florida descreve o processo de design de automóveis antes das ferramentas de Bézier (PIEGL, 1993):

1. Os estilistas definem a forma geral utilizando desenhos em escala reduzida (*sketches*) e *mock-ups* em *clay*.
2. Medindo o *mock-up*, os designers traçam linhas da superfície externa da carroceria para criar perfis em escala real.

3. Os perfis são cortados em chapas de madeira compensada e são utilizados como gabaritos na elaboração de um modelo em escala real que chegava a pesar oito toneladas.
4. Com o modelo final aprovado, novamente se retiram perfis e os desenhos finais são produzidos. Durante um período de um ano ou mais, especialistas de produção e ferramentas fazem alterações para evitar operações complexas e caras na fabricação.
5. Os desenhos são finalizados e produz-se um modelo-mestre para verificação das ferramentas e das peças estampadas.
6. A partir do modelo mestre extraem-se moldes em gesso utilizados na fabricação das ferramentas de estampo.

O trabalho de Bézier foi pioneiro ao mudar completamente a maior parte destes processos permitindo a representação de superfícies de forma livre ou *freeform*. Anteriormente, os designers utilizavam gabaritos como por exemplo a curva francesa, para criar passo a passo, os diversos segmentos de uma curva complexa.

Para armazenar este tipo de curva era necessário guardar os desenhos originais e suas cópias fisicamente. O desenvolvimento de Bézier permitiu o armazenamento das curvas como funções matemáticas resumidas em quatro pontos conhecidos como pontos de controle (*control points*) que formam um conjunto implícito de operações geométricas.

Ao inserir esses quatro pontos de controle, uma curva pode ser gerada ou reproduzida. Esta possibilidade trouxe duas conseqüências imediatas: a alimentação direta de uma máquina de controle numérico (CNC) para a fabricação imediata da peça sem intervenções complexas e a eventual inserção de modificações, por meio de programas de CAD antes de sua fabricação.

Paralelamente em outras áreas da indústria, principalmente na aeronáutica e na naval, ocorreram desenvolvimentos significativos sob o patrocínio das empresas privadas como a Renault de Bézier. Essas empresas desenvolveram seus próprios sistemas de CAD e de representação de superfícies adequados às suas próprias necessidades.

De acordo com Watt, (WATT, 1989), o trabalho de Bézier toma por princípio que a representação é baseada em geometria e que a matemática implícita deveria ser de fácil

compreensão. Ele introduziu o conceito de uma curva não plana contida em um cubo que pode ser distorcido em conjunto. A curva é fixada nesse paralelepípedo de acordo com os seguintes parâmetros:

- O início e o fim da curva devem estar localizados em vértices opostos do paralelepípedo
- No seu ponto inicial a curva deve ser tangente a 0x
- No seu ponto final a curva deve ser tangente a 0z

Este conceito define especificamente qualquer curva no espaço (entendendo-se curva como uma equação polinomial de grau maior do que um) e também fornece uma percepção intuitiva de como a curva muda de forma ao se alterar o paralelepípedo. O paralelepípedo e a curva podem ser alterados por meio de quatro pontos de controle, P0, P1, P2 e P3, que são alguns dos vértices do paralelepípedo como na figura abaixo.

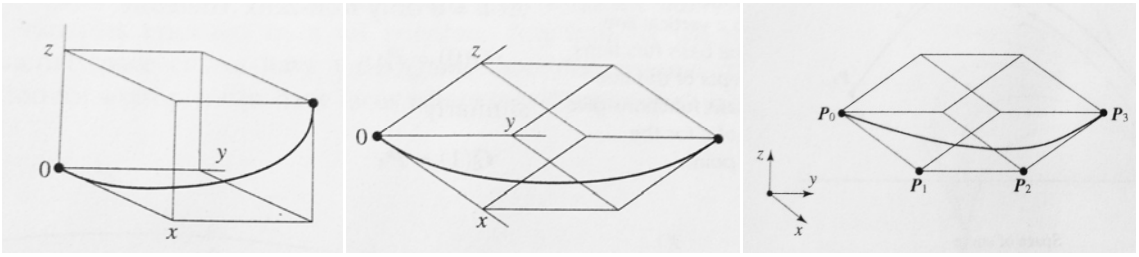


**Figura 76: Manipulação do paralelepípedo de controle de uma curva Bézier.**
**Fonte: Watt.**

Considerando a posição das extremidades inicial e final (P0 e P3) como determinadas pelos vértices do cubo, a curva é deformada completamente mas deve sempre permanecer contida dentro do paralelepípedo.

Resumo das propriedades das curvas Bézier, segundo Watt (WATT, 1989):

1. As curvas Bézier são polinomiais. O grau do polinômio é sempre o número de pontos de controle menos um. Em design de automóveis e modelamento em computação gráfica utiliza-se grau 3, pois acima deste valor as curvas ficam menos flexíveis e geram complicações.
2. A curva segue a forma dos pontos de controle do polígono que a contém e está restrita convexamente à geometria gerada pelos pontos de controle.

3. Os pontos de controle não exercem influência pontual. Ao se mover um ponto de controle, toda a curva é afetada em maior ou menor grau.
4. O primeiro e último pontos são extremidades do segmento de curva.
5. Os vetores tangentes à curva nas extremidades são coincidentes com o primeiro e último vértices do polígono dos pontos de controle.
6. Ao se mover pontos de controle altera-se a magnitude e direção das tangentes. Esta é considerada a base da interação intuitiva das curvas Bézier.
7. A curva não oscila mais do que as retas formadas pelos pontos de controle. Isto é conhecido como propriedade de redução da variância (*variation diminishing property*). É por isso que as superfícies geradas por curvas Bézier têm algumas restrições que serão explicadas na representação *B-spline*.
8. A curva é transformada por meio da manipulação dos pontos de controle. A curva não é alterada por meio de seus pontos. Ela tem a propriedade de não-localização, ou seja existe graficamente mas não pode ser editada diretamente.

**Curvas *B-spline***

A simplicidade e elegância das curvas Bézier é responsável por sua popularidade. Usuários de programas de desenho vetorial como CorelDraw e Illustrator utilizam-nas intuitivamente. Entretanto elas têm algumas restrições que serão abordadas ao longo deste capítulo. Historicamente, as *B-splines* são anteriores às Bézier e sua origem está na indústria naval onde o projetista tinha de construir curvas em escala real para representar cortes ao longo do casco. Para desenhos em escala reduzida, o projetista utilizava-se de curvas francesas ou gabaritos de segmentos de arcos, concatenando pequenos segmentos até obter a curvatura desejada.

Para as curvas em escala real era necessário utilizar longas fitas de metal que eram curvadas e apoiadas utilizando-se pesos de chumbo para manter a curva na posição. Esses pesos de chumbo eram chamados de “*ducks*” (patos) devido à semelhança da forma do mesmo. Há uma relação análoga entre esses “patos” e os pontos de controle.

Ao inserir mais um pato, aumenta-se um ponto de controle como na curva Bézier. A inserção de mais um ponto de controle implica em um maior controle daquele ponto da curva e de seus arredores ao mesmo tempo em que acrescenta complexidade à curva.

Watt (WATT, 1989) afirma que as curvas Bézier apresentam duas desvantagens que são superadas por meio do uso das curvas *B-spline*. A primeira, a não-localização, ou seja não se edita a curva diretamente a não ser por meio dos seus pontos de controle e a relação entre o grau da curva e seus pontos de controle que são as principais restrições das curvas Bézier que as *B-splines* suprem.

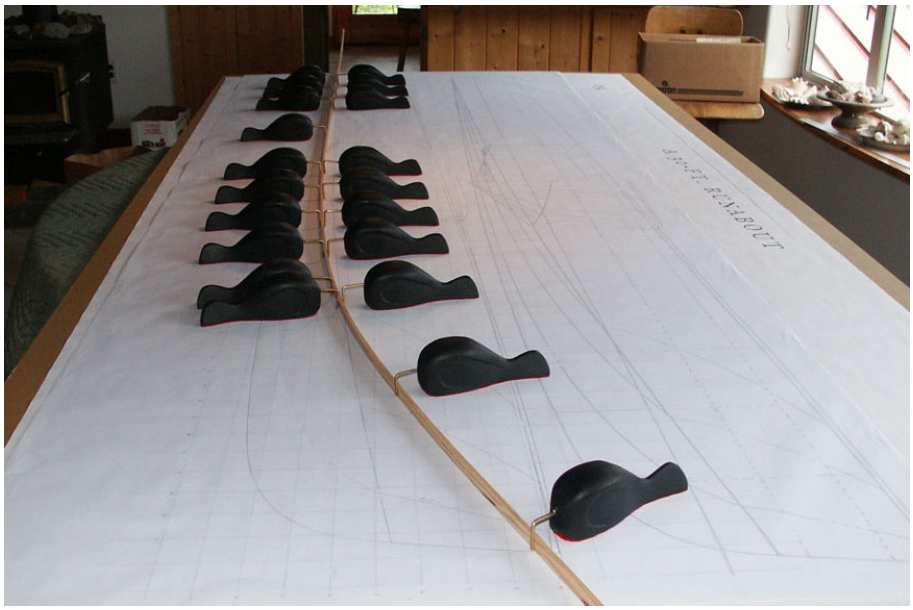

**Figura 77: Curva em madeira fixada na posição por uma série de "*lofting ducks*" para desenho das linhas de embarcações. Fonte: J.D. Ball, NW School of Boatbuilding.**

Essa desvantagem, a não-localização, implica que, embora um ponto de controle influencie fortemente a parte mais próxima da curva a ele, também influencia em algum grau toda a curvatura.

A segunda desvantagem é que não se pode utilizar uma curva Bézier cúbica (de base 3) para representar um número *n* de pontos sem o inconveniente de se utilizar múltiplos segmentos de curva ou de se aumentar o grau do polinômio da curva.

Assim como a curva Bézier, uma curva *B-spline* não passa por seus pontos de controle. Uma *B-spline* é formada por polinômios que definem um conjunto de segmentos de curvas. As *B-spline*s também podem ter qualquer grau polinomial. Sem abranger todas as possibilidades de comparação entre as curvas Bézier e *B-spline*, em um segmento Bézier para manter a continuidade da curva os pontos de controle devem atender alguns graus de restrição que no caso das *B-spline*s podem se mover livremente (WATT, 1989).

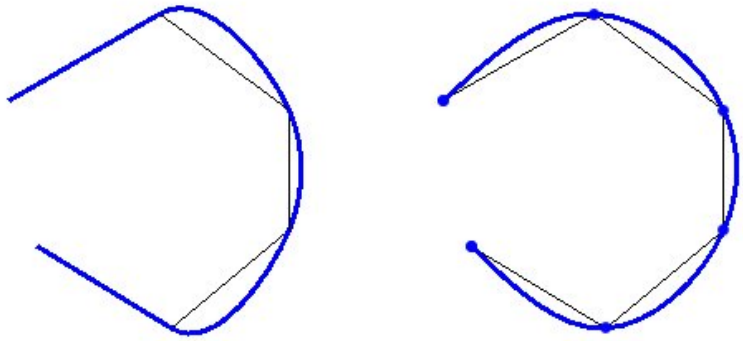

**Figura 78: Diferença entre curvas construídas pelo método Bézier (esq.) e *B-spline trough points* (dir.) construídas sobre a mesma linha poligonal de referência, com o mesmo número de pontos. Fonte: Bentley Systems**

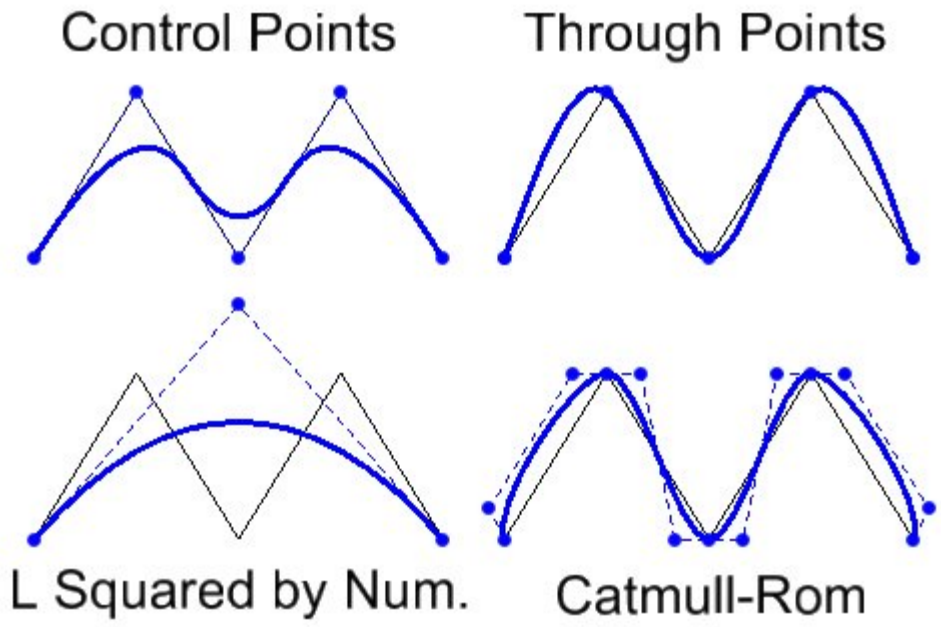


**Figura 79: Quatro exemplos de curvas B-spline construídas indicando os mesmos pontos sobre uma poligonal de referência, utilizando diferentes algoritmos de cálculo. Fonte: Bentley Systems**

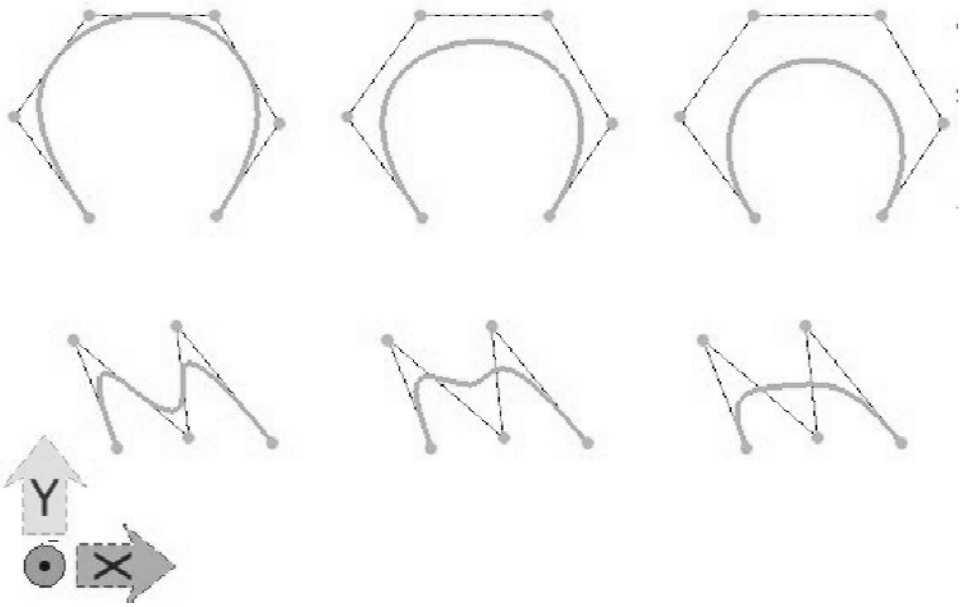


**Figura 80: A ordem da equação que gera a curva aumenta da esquerda para a direita. As curvas foram criadas congruentes com os polígonos de controle. Fonte: Bentley Systems**

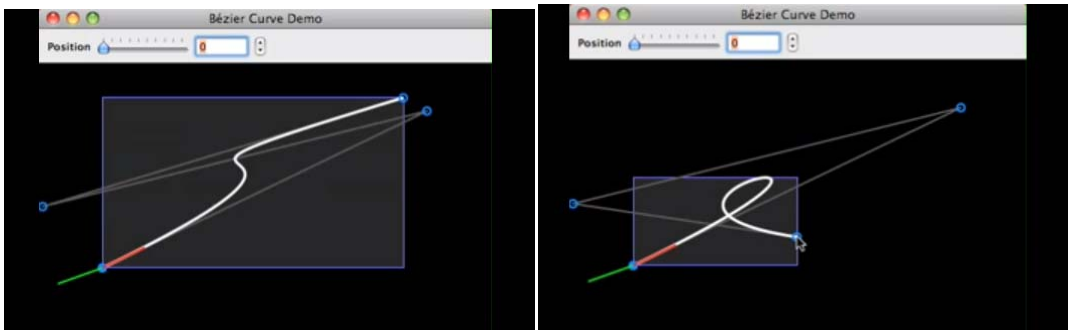


**Figura 81: Modificação do polígono de controle de uma curva Bézier. Fonte: Bézier Curve Demo - Youtube vídeo, <disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=6mjzYuyrbdc> Último acesso em 02/10/2010**

Quando os segmentos dos pontos de controle guardam relação sucessiva ou de proporção entre eles, as curvas são chamadas de *Uniform B-splines*. Quando os intervalos paramétricos da curva não são necessariamente sucessivos ou proporcionais entre si, essas curvas são chamadas de *Non-uniform B-splines*.

De acordo com Watt (WATT, 1989), as superfícies NURBS podem ser definidas pelos itens que compõem seu nome: *Non-Uniform Rational Basis Spline*. *Non-Uniform* se refere à parametrização da curva. Superfícies não-uniformes permitem, entre outras características, a presença de múltiplos nós de edição como os utilizados na representação de curvas tipo

Bézier. *Rational* ou Racional refere-se à capacidade de representação de curvas cônicas exatas, como parábolas, círculos, elipses e curvas *freeform*. *B-spline* são curvas polinomiais com funções definidas por trechos de representação paramétrica.

**Resumo das propriedades das *B-splines***

De acordo com Watt (WATT, 1989):

- A curva *B-spline* segue a forma do polígono formado pelos pontos de controle e tem restrições para manter a forma convexa.
- Os pontos de controle apresentam características de redução de variação (*variation diminishing*), ou seja, a curva não varia além dos limites de seu polígono de controle.
- A curva é transformada por meio da modificação dos seus pontos de controle.
- Essas características são similares às das curvas Bézier. Adicionalmente, os pontos de controle das *B-spline*s têm limites, a alteração de um vértice afeta a curva apenas na vizinhança dos segmentos próximos. Por exemplo, em uma curva cúbica, cada ponto de controle está conectado a quatro segmentos da curva e influencia somente esses segmentos.
- As curvas Bézier são um subconjunto das curvas *B-spline*.

As superfícies de forma livre são classificadas em três tipos (DIAS, 2001):

Bézier, que é uma aproximação de um conjunto de dados que não passa por todos os pontos e os nós modificam globalmente a superfície.

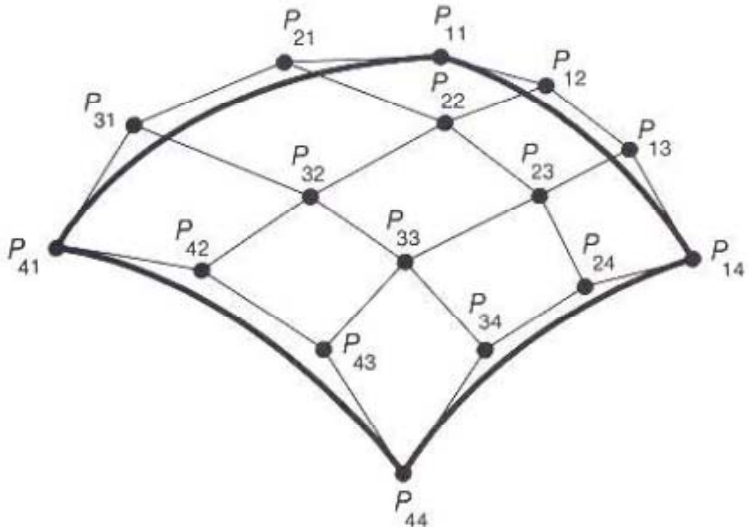

**Figura 82: Superfície Bézier**

Superfície B-spline, de formulação idêntica à de Bézier, porém os nós exercem controle local ou parcial da superfície.

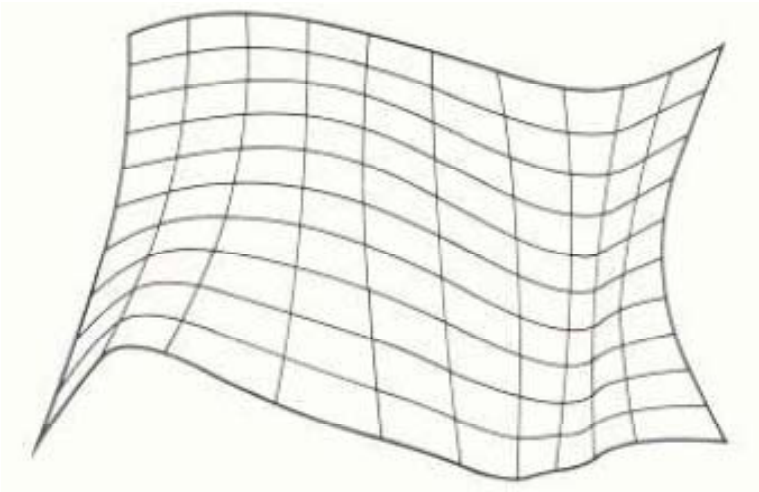

**Figura 83: Superfície *B-spline*.**

E a superfície Coons, que leva o nome do Prof. Steve Anson Coons do MIT, é gerada por um conjunto de curvas fechadas, chamados de *boundary* (fronteira, limite), que determinam uma superfície interna chamada de *patch*.

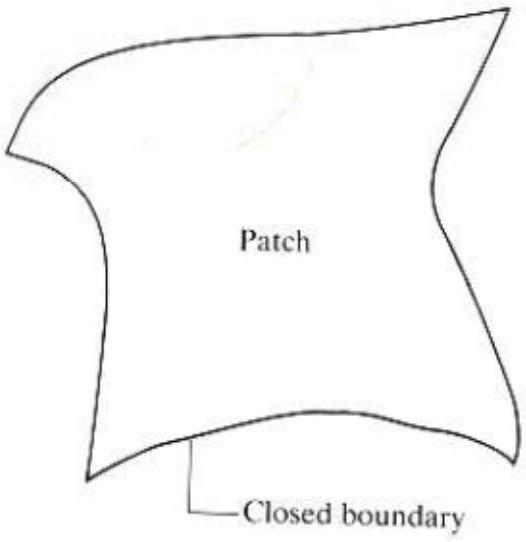


**Figura 84: Superfície Coons**

## 4.4 Representação de superfícies 3D

Em programas de CAD/CAM/CAE/CAS, definimos o conceito de rendering como o processo de criar imagens bidimensionais a partir de um modelo digital utilizando-se programas de computador. Carneiro e Gatass (CARNEIRO; GATASS, 2000) definem Visualização Volumétrica como "...um método utilizado para criar uma imagem bidimensional a partir um conjunto de dados no espaço tridimensional."

O processo de *rendering* pelo *software* envolve o fluxo de trabalho descrito abaixo:

1. Avaliação, se necessária, das funções polinomiais para aproximações das curvas e superfícies.
2. Transformação e iluminação dos elementos gráficos visíveis, aplicação de materiais e remoção dos elementos não visíveis.
3. *Rasterização* ou conversão da informação anterior em pixels, interpolação de cores dos polígonos para adequar a representação.
4. Operações de *per-fragment* e atualizações dos parâmetros de iluminação.
5. Inserção dos fragmentos no *frame buffer*.

Os polígonos representados matematicamente são processados e transformados em pixels. Este processo é conhecido como *rendering*.

### Operações de rendering

As estratégias de *rendering* estão em constante desenvolvimento desde 1975 e a maior parte dos aplicativos utiliza métodos que podem ser descritos como *polygon mesh*, *Bi-cubic parametric patches*, CSG, *Voxels* ou representações implícitas (WATT, 1989). Descreveremos a seguir esses conceitos apresentados por Watt (1989, pp.123-124).

A maioria dos programas utiliza o método *polygon mesh* devido ao fato de que é o método mais simples de construir representações visuais de superfícies complexas (WATT, 1989). O

*poligon mesh* subdivide a superfície em elementos cada vez menores até que se obtenha um elemento plano e ao final subdivide-o em dois triângulos.

O método *Bi-cubic parametric patches* visualiza a superfície convertendo-a em polígonos por meio de algoritmos de subdivisão rápidos. Entretanto, a rapidez obtida reflete-se em aproximações da superfície que podem gerar imprecisões.

O método CSG (*Constructive solid geometry*) ou Geometria Sólida Construtiva utiliza o *ray tracing* para avaliar os objetos sob a lógica das operações Booleanas, que são aquelas em que se utiliza os comandos de União, Intersecção e Diferença de sólidos. Ao aplicar a visualização em representações de pixels 3D, chamadas de *voxels*, a dificuldade do processo é a avaliação das combinações Booleanas.

De acordo com Castanheira, "As operações booleanas de sólidos (*boolean set operations*) são formas intuitivas e populares de combinar sólidos baseadas nas operações aplicadas a conjuntos." (CASTANHEIRA, 2003, p.8). Ele apresenta as três principais operações:

- “União (U): O sólido resultante ocupa todo o volume que os sólidos operandos ocupavam. É comutativa e não gera sólidos vazios, exceto quando os seus operandos também o forem.
- Interseção (∩): O sólido resultante ocupa o volume dos sólidos operandos e é coincidente a todos eles É comutativa e pode gerar sólidos vazios, o que ocorre quando não há volume coincidente.
- Diferença (-): O sólido resultante ocupa o volume de um dos sólidos operandos que os outros não ocupam. Assim, os operandos têm papéis definidos: ou subtraem ou são subtraídos.” (CASTANHEIRA, 2003, pp.8-9)

Os *Voxels* são pixels representados em 3D, que formam cubos de dimensões determinadas pelo programa. Para criar a imagem, o software calcula a luz que incide sobre esses cubos e os processa no método *polygon mesh*. É o método mais utilizado em geração de imagens na medicina e em terrenos de videogames.

As representações implícitas são difíceis de representar no processo CSG pois são uma representação indireta da geometria, sendo calculadas e geradas a partir das equações matemáticas que representam a superfície.

Listamos abaixo alguns programas que dispõem de ferramentas para modelamento de superfícies *freeform* (até dez. 2012).

- CATIA da Dassault Systèmes
- Cobalt da Ashlar-Vellum
- form•Z (form-Z) da AutoDesSys
- PowerSHAPE da Delcam
- SolidWorks (Atualmente pertence à Dassault Sistèmes)
- Autodesk Alias (anteriormente Alias StudioTools)
- Autodesk Inventor
- Creo Elements/Pro (anteriormente chamado de ProEngineer)
- ICEM Surf (Atualmente incorporado ao CATIA)
- Imageware (anteriormente I-DEAS Free Form Modeler, atualmente incorporado ao NX da Siemens)
- MicroStation (Bentley Systems)
- NX (anteriormente Unigraphics)
- Rhinoceros 3D
- FreeForm Modeling Plus (SensAble Technologies)
- FreeSHIP
- GenesisIOD
- OmniCAD
- Thinkdesign
- Shark FX (Punch!)
- Moi Moment of Inspiration (Moi3d)
- Blender (Blender Foundation)

**Algoritmos de *rendering* mais utilizados**

A visualização volumétrica é classificada de acordo com o grau de precisão e realismo obtido por meio de diferentes algoritmos ou cálculos. Apresentaremos a classificação dos tipos de visualização por meio do tipo de cálculo e aproximações matemáticas realizadas na

construção das superfícies visíveis. Genericamente podemos classificá-los progressivamente de acordo com a lista abaixo:

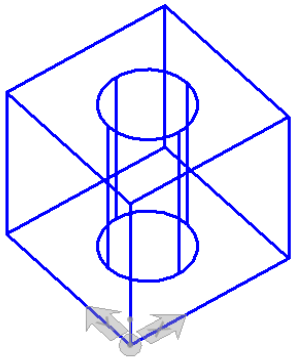

**Figura 85:** ***Render*** **em** ***wireframe*****.**

- ***Wireframe*** ou “linhas de arame”.

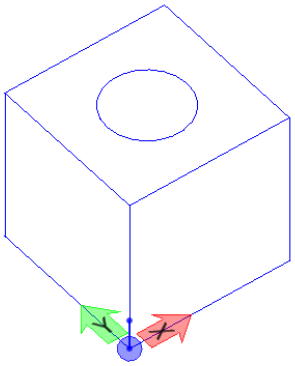

**Figura 86**: ***Render*** **em** ***hidden line*****.**

- ***Hidden line***, processo de retirar as linhas não-visíveis do wireframe.

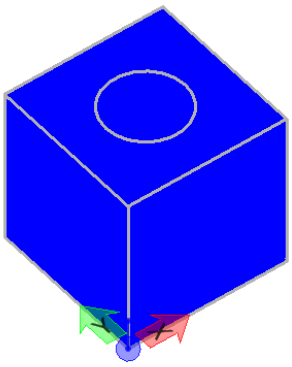

**Figura 87: *Render* em *shading*.**

- ***Shading***, ou processo de colorir os planos formados pelas linhas visíveis formadas na visualização *Hidden Line*.

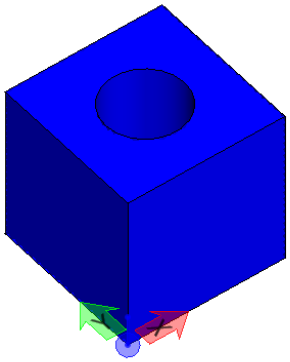

**Figura 88: *Render* em *goraud*.**

- ***Gouraud***[36], aplicação de sombras nas superfícies geradas pelo *shading*.

[36] GOURAUD, Henry. **Computer Display of Curved Surfaces**. Dissertação para Doutorado. The University of Utah, 1971.

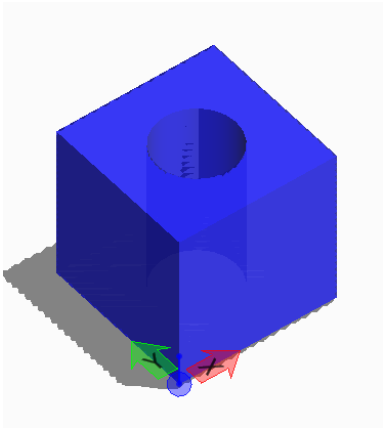

**Figura 89: *Render* em *phong.***

- ***Phong***[37], método que inclui cálculos de reflexão e refração da luz em elementos reflexivos e transparentes.

**Figura 90: *Render* em *ray tracing*.**

- ***Ray tracing*** que considera as reflexões e refrações dos raios de luz sobre superfícies com características reflexivas como vidro ou metal polido. A primeira versão do algoritmo foi apresentado em 1968 por Arthur Appel[38].

[37] PHONG, Bui Tuong. **Illumination for Computer-Generated Images**. Dissertação para Doutorado. The University of Utah, 1973.
[38] APPEL, A. **Some techniques for shading machine rendering of solids**. AFIPS Conference Proc. 32 pp.37-45, 1968.

**Figura 91: *Render* em *particle tracing*.**

- ***Particle tracing*** ou ***Path Tracing*** ou ***Photon Mapping*** calcula as trajetórias de diversos feixes de luz aleatórios em todo o modelo e pode ser reutilizada diversas vezes de qualquer ponto de vista sem necessidade de novo cálculo. A equação de rendering proposta simultaneamente por David Immel et al.[39] e James Kajiya[40] é um dos algoritmos mais precisos na área da visualização, utiliza o método de Monte Carlo proposto em 1940 por John von Neumann, Stanislaw Ulam e Nicholas Metropolis durante os trabalhos no Projeto Manhattan. Calcula a radiança, quantidade de luz que passa ou é emitida de uma superfície e que incide em um ângulo sólido.

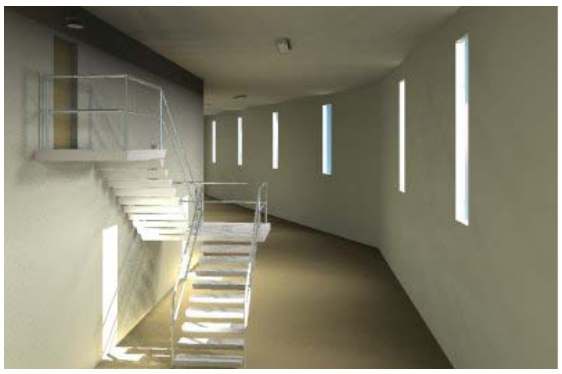

**Figura 92: *Render* em *radiosity*.**

- ***Radiosity*** utiliza o método de elementos finitos para superfícies difusas (não reflexivas). Assim como o Particle Tracing, produz imagens com sombras e iluminação realistas. É um algoritmo de iluminação global que independe do ponto de vista, ao contrário

[39] IMMEL, David S.; COHEN, Michael F.; GREENBERG, Donald P. **A radiosity method for non-diffuse environments**, Siggraph 1986: 133, doi:10.1145/15922.15901, ISBN 0-89791-196-2

[40] KAJIYA, James T. **The rendering equation**, Siggraph 1986: 143, doi:10.1145/15922.15902, ISBN 0-89791-196-2

do *particle tracing*, que considera o ponto do observador. Por não depender do ponto de vista, a visualização exige mais cálculos para prever todas as reflexões que os pontos fazem em todas as superfícies até que atinjam o olho do observador. Os primeiros estudos foram desenvolvidos nos anos 1950 na engenharia, em estudos sobre transferência de calor. O posterior desenvolvimento destas equações foi utilizado por pesquisadores da Cornell University na solução de cálculos de *rendering* em 1984.

A partir dessa tipologia, a indústria automotiva utiliza-se de outras formas de *rendering* para visualizar as superfícies e analisar a adequação da curvatura em relação à concepção e aos processos de engenharia. Descreveremos essas outras formas a seguir.

O desenvolvimento da ferramenta OpenGL permitiu a visualização dinâmica dos modelos matemáticos com representação realista. A Silicon Graphics Inc. iniciou o desenvolvimento de APIs (*Application Programming Interface*), que são especificações usadas como interface para integrar diferentes módulos de software. Na prática, o OpenGL oferece uma interface uniforme para diversos programas gráficos que utilizam aceleradores de placa gráfica 3D. A maior utilização do OpenGL ocorreu em programas de CAD, realidade virtual, simuladores de vôo e videogames.

O design de automóveis utiliza-se de alguns dos algoritmos apresentados anteriormente com especificidades da arte, que necessita verificar a continuidade perfeita das superfícies. O *rendering* utilizado na análise visual dessa continuidade é chamado de *Zebra Analysis* ou *Discontinuity Rendering*, permitindo visualizar a curvatura de cada superfície e as transições entre superfícies. Utiliza o algoritmo *ray tracing* para refletir uma imagem de listas pretas e brancas nas superfícies, simulando um ambiente com uma matriz de luzes fluorescentes no teto. Os brilhos e reflexos podem revelar se as transições entre diferentes superfícies são tangentes e sem mudanças abruptas de direção.

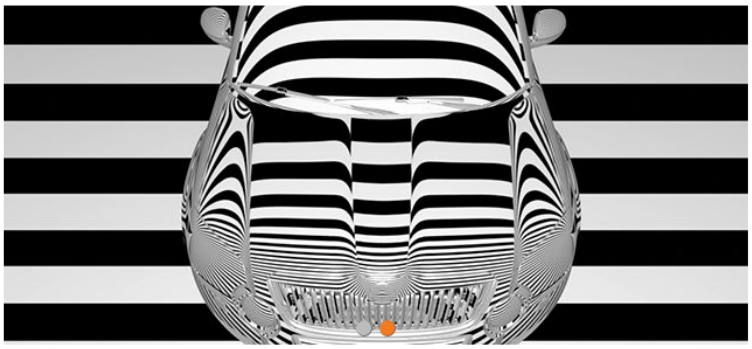

**Figura 93: Imagem de representação tipo *zebra analysis*. Fonte: PI-VR**

O *Ambient Occlusion* é uma representação da irradiação dos raios de luz quando consideradas as superfícies não reflexivas. Aproxima-se bastante à iluminação de um objeto em um dia nublado, com geração de sombras muito suaves e difusas.

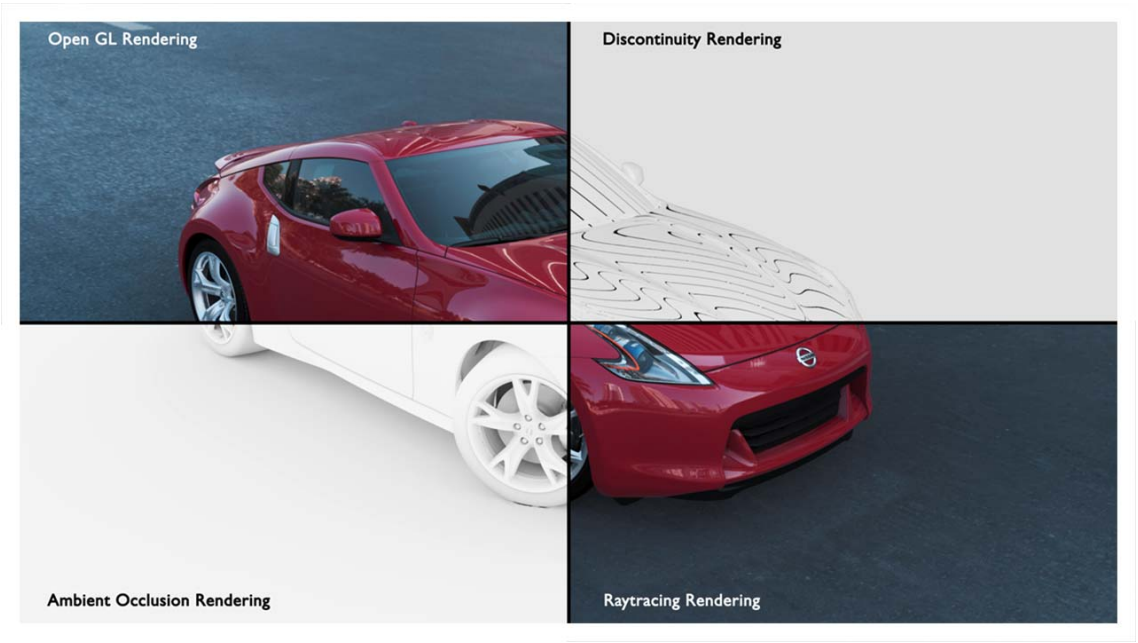


**Figura 94: Exemplos de *rendering* sobre o mesmo modelo digital. Fonte: PI-VR**

Além das formas de representação, os programas utilizam ferramentas de visualização parcial chamados de *Clipping*. Por meio de cortes, o designer pode visualizar dinamicamente o interior do modelo. Para reduzir o tempo de processamento, alguns *softwares* apresentam esta visualização em modo de *render* mais simples para apresentá-la em tempo real, facilitando o posicionamento do plano de corte na posição desejada. O processamento da imagem fotorrealista é feito posteriormente. O processo é semelhante ao utilizado em medicina, "fatiando" o modelo com planos de corte determinados.

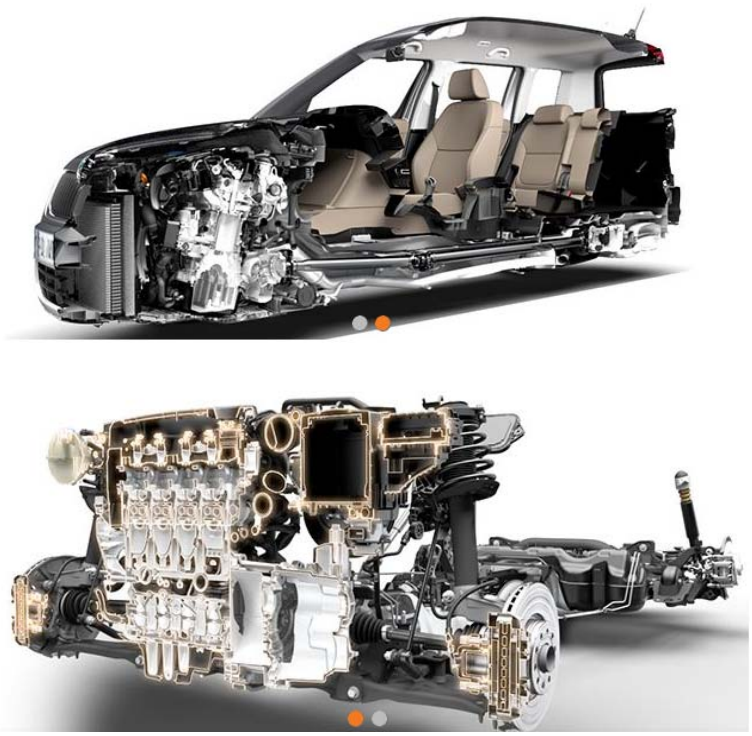

**Figura 95: *Clipping* em *ray tracing*. Fonte: PI-VR**

## 4.5 Considerações

O uso de programas de computador para desenvolver desenhos remonta aos anos 1960, substituindo centenas de folhas de papel por um único modelo digital preciso. O uso do CAD foi progressivamente dominando a engenharia automotiva, entretanto, para os designers, a idéia de usar computadores era vista até recentemente com muita desconfiança, porque a arte poderia ser perdida na passagem do papel para o computador (COLBORN, 2007).

Vários marcos tecnológicos alteraram esta visão, como o advento da tecnologia "*point and click*" do Microsoft Windows que simplificou a operação dos computadores trazendo interação intuitiva aos designers que tinham pouca familiaridade com tecnologia. Ao mesmo tempo, os programas 2D, utilizando interfaces com canetas digitais e *tablets* gráficos, habilitam o designer a usar técnicas tradicionais na criação de imagens digitais.

A inclusão do AliasStudio no início dos anos 1990 (COLBORN, 2007) incorporou a tecnologia utilizada pela engenharia ao fluxo de trabalho do designer e do modelador, permitindo ambos criarem superfícies digitais complexas que podem ser enviadas aos sistemas utilizados pelos engenheiros. A informação digital segue do design para a engenharia e para a produção integrando o projeto em escala global. O designer pode utilizar o modelo 3D de engenharia para criar *sketches* digitais e depois construir um modelo 3D no Alias. Paralelamente o modelo 3D pode ser usado para visualizações fotorrealistas, animações e vídeos sem que um modelo físico tenha sido construído.

As implantações de sistemas de CAD dos anos 1980 tiveram sucesso parcial. As empresas despenderam tempo e dinheiro na implantação de novas tecnologias, portanto havia grande pressão no retorno deste investimento, que resultou negativamente pelas limitações de *hardware*, de software e dos processos iniciais. Muitos designers relutavam ou resistiam em mudar, situação que se agravava por somente poucos designers conseguirem utilizar o CAD para produzir ilustrações de qualidade no monitor dos computadores. Destas, poucas tinham um bom resultado visual ao serem transformadas em 3D. Gradualmente mais usuários de CAD e mais modeladores especialistas passaram a integrar as equipes de design e hoje, praticamente todos os designers tem algum conhecimento em CAD (COLBORN, 2007).

Colborn (COLBORN, 2007) diz que idéia de que o computador é o elemento criador do design está obviamente errada, mas que o advento do CAD afetou drasticamente o processo de design, e indaga como utilizar o máximo dos processos criativos por meio das ferramentas, métodos e conhecimento necessários ao designer de automóveis.

Finalmente, Colborn considera que o designer tinha antes um papel isolado e independente, mas que, atualmente, passou a tomar decisões em conjunto com modeladores e engenheiros, compartilhando os mesmos dados utilizados por eles e produzindo informação mais precisa e relevante à produção industrial. Significa que, provavelmente, com as ferramentas de modelamento digitais, o papel do designer abrange agora mais funções nas áreas de modelamento e de engenharia (COLBORN, 2007).

# 5

# 5. Estado da arte

## 5.1 Precursores na indústria automotiva

Os pioneiros do CAD preocupavam-se com a necessidade de interagir com o computador, uma vez que era necessário transformar idéias em realidade por meio de modelamento em 3D e bastante esforço foi colocado nos processos de visualização. Ao mesmo tempo foi necessário manipular e armazenar grandes volumes de informação o que gerou a necessidade de estruturar bancos de dados para organizá-los. Outro grande problema era a definição da linguagem de programação que influenciava diretamente a criação das interfaces das ferramentas.

A Força Aérea dos Estados Unidos iniciou o programa SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), que incluiu uma interface ótica para monitores de radar utilizado no sistema de defesa aérea do país nos anos 1950. O SAGE foi desenvolvido pelo Lincoln Laboratory do MIT e deu origem a diversas novas tecnologias na área digital. Por exemplo, Ken Olsen foi gerente do programa SAGE e posteriormente um dos fundadores da Digital Equipment Corporation (WEISBERG, 2006).

Devido ao alto custo dos primeiros computadores, adicionado às necessidades específicas na fabricação de aeronaves e automóveis, os primeiros usuários comerciais de programas de CAD foram as empresas automobilísticas e aeronáuticas. Nos anos 1960 ocorreu o desenvolvimento de programas de CAD simultaneamente nas empresas automotivas. Nesse período, os maiores avanços foram no campo do CAM, com software para gerenciamento de ferramentas CNC. As grandes empresas de aviação como McDonnell Douglas e Dassault

Aerospace estavam desenvolvendo suas próprias soluções para apoiar o desenvolvimento das superfícies complexas de aeronaves (CADAZZ, 2004).

Em agosto de 1960, a Digigraphics, disponibilizou comercialmente o primeiro sistema de CAD, chamado de Electronic Drafting Machine (EDM) que utilizava um computador mainframe da Digital Equipment, chamado de PDP-1 e, como o *Sketch*pad, utilizava uma caneta ótica como interface. Na época, o Digigraphics custava 500 mil dólares e poucas unidades foram vendidas (CADAZZ, 2004). Weisberg (WEISBERG, 2006) afirma que, apesar de haver crédito no trabalho de Sutherland sobre o *Sketch*pad, iniciado em 1961, foi Jack Gilmore, da Charles W. Adams Associates que realizou a primeira tentativa de desenvolver um software CAD comercialmente viável.

**Figura 96: Interface do EDM. observa-se o monitor CRT e a caneta ótica.**

Nessa época, na General Motors, divisão *General Motors Research Laboratories*, trabalhava o Dr. Patrick Hanratty no desenvolvimento do programa DAC (*Design Augmented by Computer*), como descrevemos no capítulo 4. Ao mesmo tempo, na França, Paul de Casteljau na Citröen e Pierre Bézier na Renault apresentaram seus trabalhos de pesquisa em modelamento digital de superfícies complexas. Nos anos 1970 a Volkswagen desenvolvia o ICEM (*Integrated Computer-Aided Engineering and Manufacturing*), a Toyota, o COSMOS

(*Compound Surface Modelling Systems*) e a Ford, nos anos 1980, o PDGS (*Product Design Graphics System*). Nesse mesmo período, as empresas automobilísticas estabelecidas no Brasil, com estúdios próprios de design, como GM, Fiat, Ford e Volkswagen adotaram, de acordo com os padrões de suas matrizes, o Unigraphics (UG, atualmente NX), o I-DEAS, o ICEM Surf, e o CATIA.

Nos anos 1980, a Volkswagen desenvolveu o CASS (*Computer Aided Styling Sketches*) para as atividades do departamento de design. Utilizava uma estação de trabalho da Evans and Sutherland para fazer *sketches* e desenhos. De acordo com Joorman e Teunis (JOORMAN; TEUNIS, 1986), o sistema permitia a criação e manipulação de modelos com superfícies complexas representando os contornos de um automóvel (ver figura abaixo).

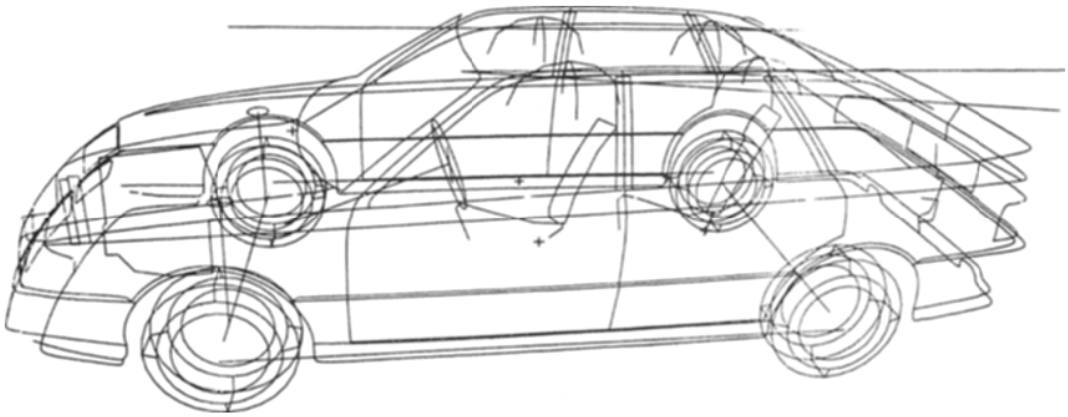

**Figura 97: Desenho de carroceria no CASS da Volkswagen. Fonte: Volkswagen.**

Na Toyota segundo Ohara e Higashi (OHARA; HIGASHI, 1983) o processo de projeto de design utilizava o COSMOS, *Compound Surface Modelling Systems*, software de CAD/CAM com critérios de avaliação estética das superfícies através da visualização gráfica das linhas principais das superfícies com modelos de arame (*wireframe*). A distribuição da curvatura correspondia aos pontos de contato dos estampos.

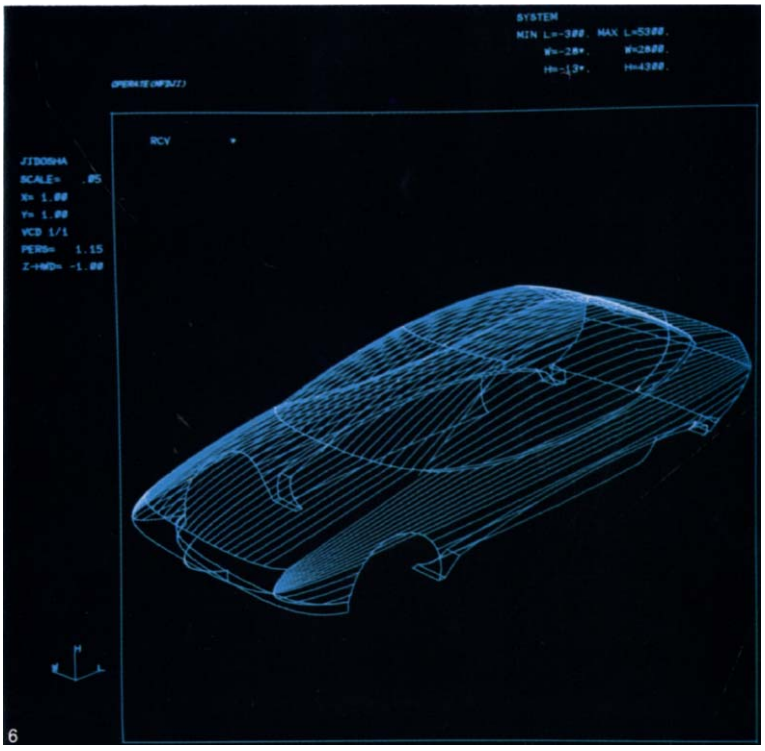


**Figura 98: As linhas do modelo digital avaliadas pelo COSMOS.**

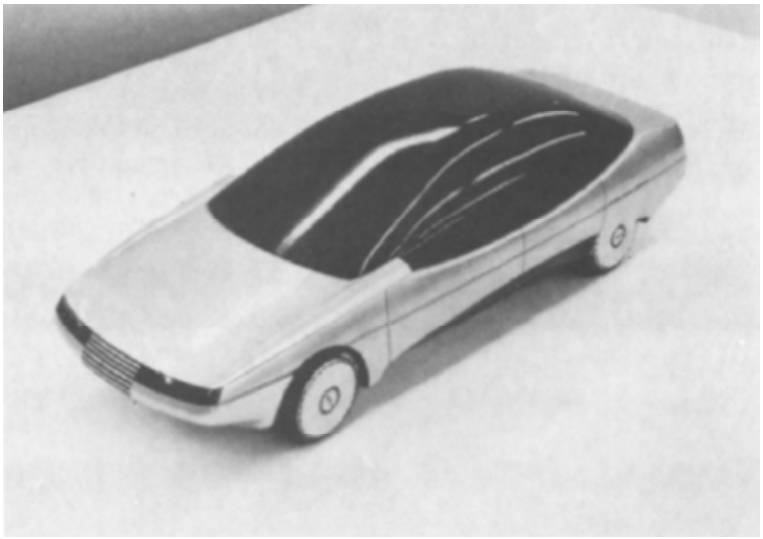

**Figura 99: Modelo em *clay* usinado a partir do modelo gerado em CAD**

Ohara e Higashi (OHARA; HIGASHI, 1983) ainda afirmam que o processo economizava muitas horas de trabalho na produção do modelo em *clay* e permitia a fabricação das ferramentas de estampo sem a necessidade de criar modelos físicos para a fabricação de matrizes.

O surgimento de diversos programas de CAD de baixo custo nos anos 1990 gerou pressões comerciais ao longo da década, gerando uma "corrida" por aquisições de várias empresas desenvolvedoras que, no fim da década, resultou na concentração do mercado em três grandes fornecedores: Siemens, Dassault e PTC, com a Autodesk aumentando sua participação ao longo dos anos 2000 (CADAZZ, 2004). As soluções utilizadas atualmente para modelamento de sólidos e superfícies no design industrial são:

- NX *for Industrial Design and Styling* da Siemens;
- CATIA *for Creative Designers* da Dassault Systèmes
- AliasStudio da Autodesk

Existem outras soluções para modelamento 3D de design industrial com capacidades de superfícies NURBS, como o Rhinoceros 3D, mas elegemos as três citadas anteriormente como as soluções mais presentes no mercado automotivo. O CATIA e o NX foram desenvolvidos para apoiar a engenharia e suas ferramentas são utilizadas para criação do design de automóveis. O AliasStudio foi desenvolvido para a indústria cinematográfica, dispondo de ferramentas de modelamento 3D e animações.

Um modelo em escala real pode ser usinado automaticamente por meio de máquinas CNC de 5 eixos em poucas horas, utilizando modelos digitais. Os modelos em *clay* não foram extintos nos estúdios de design, foram os processos digitais que passaram a predominar. Rowe (ROWE, 2007) afirma que os dois programas de modelamento 3D mais utilizados no design automotivo são o AliasStudio e o CATIA ICEM.

## 5.2 Principais sistemas na indústria automotiva

**Siemens NX**

O NX, também conhecido como NX Unigraphics, é uma solução que integra CAD, CAM e CAE desenvolvida pela empresa alemã Siemens PLM Software. É utilizado nas áreas de Design, Engenharia e Manufatura, desde o modelamento de superfícies, análises de engenharia até no controle e gerenciamento da produção. No interesse deste trabalho, os programas de CAD mais relevantes no design automotivo, que foram adquiridos pela Siemens, são o Unigraphics e o I-DEAS, unificados em 2002.

Em 1969 a United Computing lançou o UNIAPT, um dos primeiros programas de CAM do mercado. A empresa adquiriu em 1973 o código fonte do programa ADAM (*Automated Drafting and Machining*), da MCS (Manufacturing and Control Systems), do Dr. Patrick Hanratty. O código foi utilizado como base para a criação de um produto chamado UNI-GRAPHICS, comercializado a partir de 1973 como Unigraphics, ou simplesmente UG.

Em 1976, a McDonnell Douglas adquiriu o Unigraphics, que passou a comercializá-lo em 1981 como primeira solução hardware/software para modelamento em 3D. Em 1991, em meio às dificuldades enfrentadas pela McDonnell Douglas, o Unigraphics é vendido à EDS Technologies, que à época pertencia ao grupo General Motors. O Unigraphics é então adotado como solução corporativa de CAD 3D pela GM.

Em 1997 a EDS separa as operações comerciais do Unigraphics em uma subsidiária chamada Unigraphics Solutions, ou UGS. Em 2002 a UGS apresenta o “Next Generation”, integrando o UG e o I-DEAS. O I-DEAS foi lançado pela Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) em 1982 e era o programa de CAD corporativo da Ford Company desde 1997, após a GM adotar o UG em 1996. Com a aquisição da empresa SDRC pela EDS em 2001, os produtos, UG e I-DEAS foram unificados em um novo produto chamado NX. Quando a Ford adotou o I-DEAS, substituindo o programa de CAD chamado PDGS, marcou o fim da era do desenvolvimento corporativo interno de programas de CAD que iniciou nos anos 1960. A Ford acabou por adotar o Dassault CATIA como programa CAD após a venda da SDRC (CADAZZ, 2004).

Em 2003 a EDS incorporou o Nastran, programa de análise de elementos finitos e separou as operações de software da UGS, SDRC e Nastran em uma nova empresa chamada EDS PLM Solutions. A EDS vendeu a EDS PLM Solutions para um grupo de investidores em 2004 que retomou o nome anterior de Unigraphics Solutions (UGS). Em 2007, o grupo alemão Siemens AG anunciou a aquisição da UGS.

O NX utiliza o núcleo de modelamento geométrico Parasolid, desenvolvido pela ShapeData, tem ferramentas de grande capacidade para modelamento de sólidos. É utilizado por outros programas de CAD como MicroStation, Solid Edge, SolidWorks, Vectorworks, entre outros. Também utiliza componentes D-Cubed para modelamento paramétrico e montagem de peças em programas de CAD, CAM e CAE. Para compartilhamento de arquivos utiliza o formato JT (inicialmente chamado de Jupiter), que é um fomato de dados 3D originalmente desenvolvido pela Engineering Animation e pela Hewlett Packard, foi posteriormente adquirido pela UGS. A Siemens o desenvolve atualmente e foi aceito nos padrões ISO na publicação ISO 14306:2012[41] para uso em aplicações industriais como meio de troca de informações simples para produtos em forma de modelos 3D.

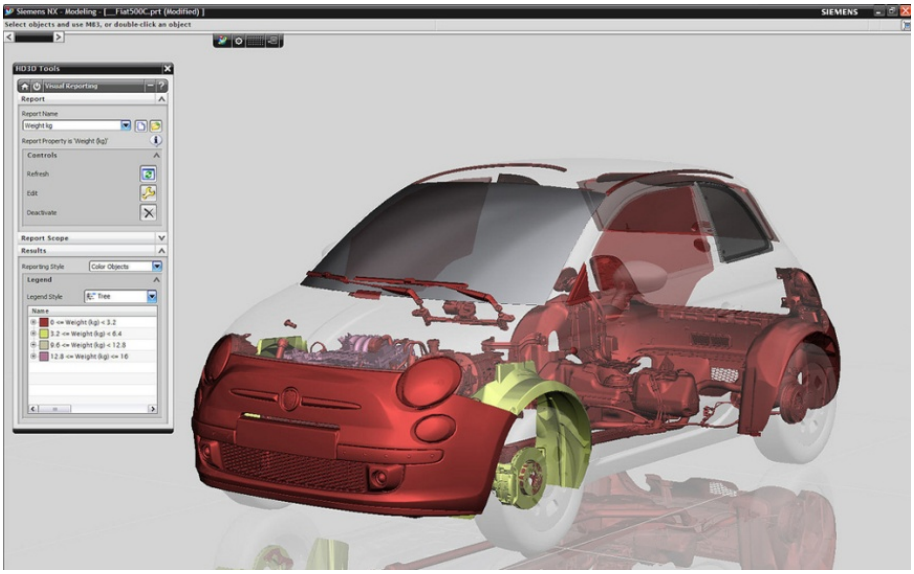


**Figura 100: Interface do Siemens NX7.**

[41] ISO 14306:2012 - *Industrial automation systems and integration.*

**Figura 101: Ilustração sobre o conceito de PLM da Siemens integrando as informações no contexto do designer.**

**Dassault CATIA/ICEM**

O CATIA (*Computer Aided Three-dimensional Interactive Application*) é uma solução de CAD, CAM e CAE desenvolvida pela empresa francesa Dassault Systèmes. O CATIA foi desenvolvido como solução interna pela empresa Avions Marcel Dassault em 1977, integrando o desenvolvimento interno de 10 anos de software para desenvolvimento de superfícies com o CADAM software escrito pela IBM para a Lockheed Corporation, fabricante de aviões norte-americana (BERNARD, 2003).

Inicialmente nomeado CATI (*Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive* — Projeto assistido por interação tridimensional), foi renomeado para CATIA em 1981 quando a Dassault criou uma subsidiária para desenvolver e comercializar o software, assinando parceria não-exclusiva com a IBM para distribuição.

Em 1984, a Boeing adotou o CATIA V3 como solução corporativa e passou a ser seu maior usuário. Em 1997 a Dassault adquiriu a SolidWorks Corporation, incorporando o SolidWorks – CAD de modelamento 3D bastante difundido na indústria – ao portfólio da empresa e que continua sendo desenvolvido e comercializado. No final dos anos 1990 investiu fortemente

em PLM (*Product Lifecycle Management*) e em 2007 incorporou o ICEM Surf, modelador de superfícies Classe A também bastante difundido no mercado.

O programa ICEM iniciou com a aquisição do AD-2000 da MCS em 1977 e do Synthavision da Mathematical Analysis Group, Inc. em 1978 pela empresa Control Data. O AD-2000 evoluiu e se tornou o CD/2000 e o Synthavision evoluiu para o modelador 3D ICEM Modeler (FELDMAN, 1984). Em 1990, a Volkswagen anunciou parceria com a Control Data para formar a ICEM Systems GmbH, *joint venture* para desenvolver o ICEM (CBR, 1992). Iniciado internamente na Volkswagen, a Control Data deu continuidade ao desenvolvimento e comercialização do ICEM na plataforma PC Intel/Windows NT, aumentando base de usuários a partir de maio de 1994 (FRANSEN, 1994).

Atualmente a Dassault comercializa suas soluções para design automotivo divididas em três áreas de uso: Concepção, Superfícies Classe-A e Engenharia Reversa. Para Concepção são os produtos para criação de ilustrações e para a criação de "*sketches*" 3D. O ICEM Surf e o CATIA são as soluções para modelamento de Superfícies Classe-A e a Engenharia Reversa refere-se às ferramentas para a captura de superfícies em modelos tridimensionais físicos.

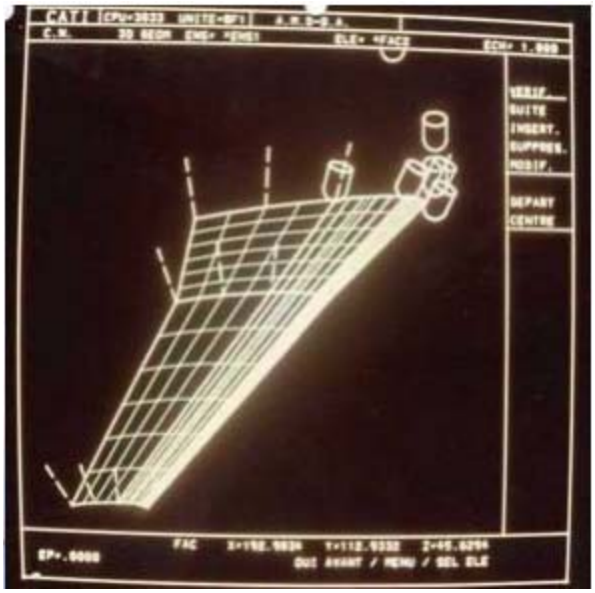

**Figura 102: Interface gráfica do CATI. Fonte: Dassault Systèmes.**

**Figura 103: Marcel Dassault operando o CATI em novembro de 1980. Fonte: (BERNARD, 2003).**

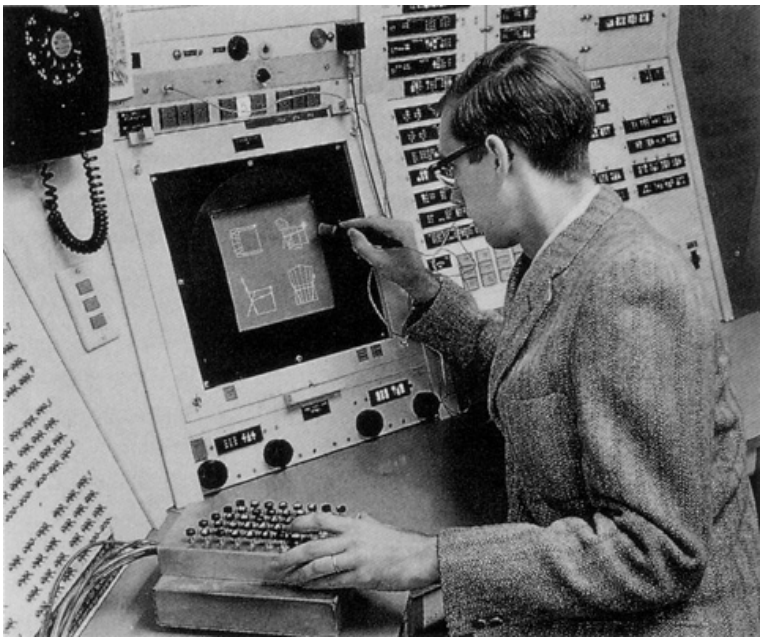

**Figura 104: Ivan Sutherland operando o console do *Sketch*pad em 1962.**

**Figura 105: Modelagem de superfície classe A no ICEM. Fonte: Dassault Systèmes, 2012.**

**Figura 106: Design do interior com ICEM. Fonte: Dassault Systèmes, 2012.**

**PTC CREO**

O Creo é uma solução de CAD desenvolvida pela PTC (Parametric Technology Corporation). A PTC foi fundada em 1985 por Samuel Peisakhovich Geisberg. O Pro/Engineer foi o primeiro modelador paramétrico com sucesso comercial, lançado em 1988.

Ao longo dos anos, a disponibilidade de bibliotecas geométricas abriu portas para uma nova geração de modeladores CAD de baixo custo, como o Parasolid e o ACIS. Esta pressão foi simbolizada pelo avanço do SolidWorks, programa de CAD com capacidade 3D hoje pertencente à Dassault Systèmes, e pela predominância no mercado *high end* dividido entre CATIA e NX. A BMW, por exemplo anunciou em 2009 que deixaria de utilizar várias ferramentas de CAD, inclusive o PTC Creo ou Pro/Engineer em favor do CATIA, em um processo que levaria de seis a oito meses na divisão de automóveis e de 12 a 18 meses na divisão de motocicletas (STACKPOLE, 2009).

Citamos a solução por sua presença no mercado automotivo, entretanto a PTC não dispõe de modelador digital para conceituação de design como o AliasStudio utilizados pela maioria dos estúdios de design.

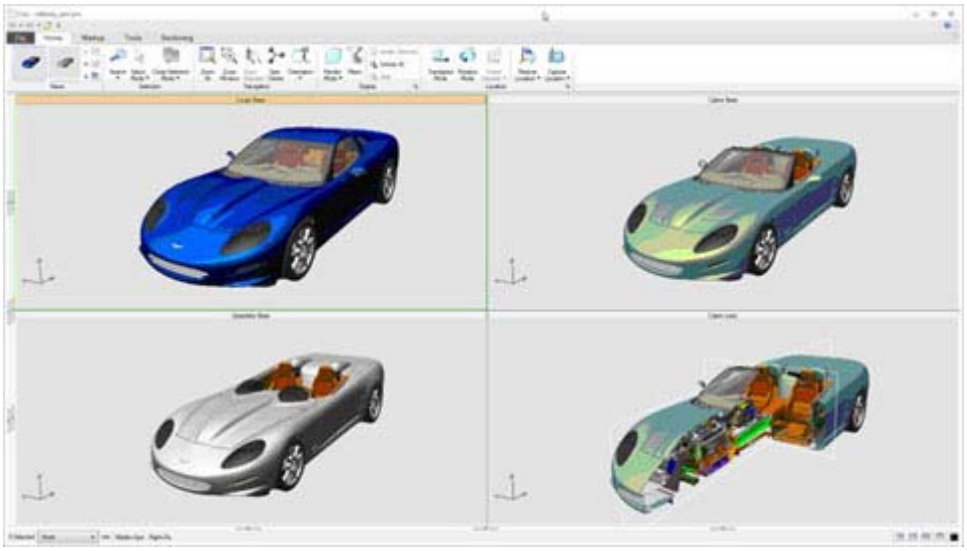

**Figura 107: Interface do PTC Creo. Fonte: MCADCafé, 2010.**

**Autodesk AliasStudio**

AliasStudio era originalmente da Alias System Corporation, sendo atualmente da Autodesk. O produto mais conhecido da empresa Alias é o Maya, software de modelamento 3D e animação, lançado em 1988. O outro produto importante da Alias era o StudioTools, que depois foi renomeado para Studio ou simplesmente Alias. Tem grande presença nas áreas de design industrial, aeroespacial e automotiva. Em 2D, a solução da Alias é o SketchBook Pro, utilizado para desenvolvimento de *sketches*.

A empresa Alias|Wavefront foi criada em 1995 quando a Silicon Graphics adquiriu a Alias Research, fundada em 1983 e a Wavefront Technologies de 1984. Em 4 de outubro de 2005, a Autodesk iniciou o processo de aquisição da Alias, que foi completado em 10 de janeiro de 2006.

De acordo com Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010), o software mais utilizado para criar automóveis digitalmente, o Adobe Photoshop – um programa para produção de design gráfico –, não foi desenvolvido para o design automotivo. Contudo, foi adotado pelos designers porque permite transformar um desenho que foi escaneado e tornado digital em ilustrações que são manipuladas de acordo com a técnica individual do designer. Suas ferramentas simulam técnicas tradicionais das artes gráficas.

A Autodesk desenvolve atualmente uma solução que inclui vários programas supostamente úteis para designers de automóveis em todo o processo de projeto, desde os primeiros *sketches* até a criação das superfícies NURBS que são submetidas à engenharia. A Autodesk o anuncia assim:

"O software Autodesk® Alias® Automotive é um aplicativo líder da indústria em termos de design e estilização automotivos, além de ser a solução preferencial dos melhores estúdios de estilização automotiva do mundo. O software oferece um conjunto completo de ferramentas de visualização e análise para o processo inteiro de definição de formas, desde esboços conceituais até superfícies de primeira qualidade."[42]

Oliver le Grice, chief designer no Land Rover Advanced Design Studio comenta sobre o trabalho utilizando o Alias:

"Esta é uma nova maneira de interagir com o modelo, e eu pessoalmente considero muito eficiente esta maneira de trabalhar. Com o *clay* podemos ser muito conservadores; porque não queremos perder o trabalho realizado e ainda ter medo de ir na direção errada. Outro fator é evitar atritos com a equipe de modeladores indicando direções divergentes na criação da forma." (LEWIN; BORROFF, 2010. pp. 70-71)

É uma observação que considera a facilidade das ferramentas digitais na busca de alternativas e o uso do *clay* como um fator limitante na medida em que modificações em um modelo físico aumentam muito o custo pelo tempo despendido. Este fator pode ser contra producente na experimentação de novas formas e, é por isso que muitas vezes considera-se não ousar ou mesmo copiar o modelo de outras marcas, afirma Oliver le Grice (apud LEWIN; BORROFF, 2010, p.71). Segundo Le Grice, o uso de ferramentas digitais para modelar novas formas permite experimentar formas mais ousadas sem que as alternativas se percam no processo.

[42] Informação no sítio do fabricante disponível em:
<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?id=12841748&siteID=1003425>

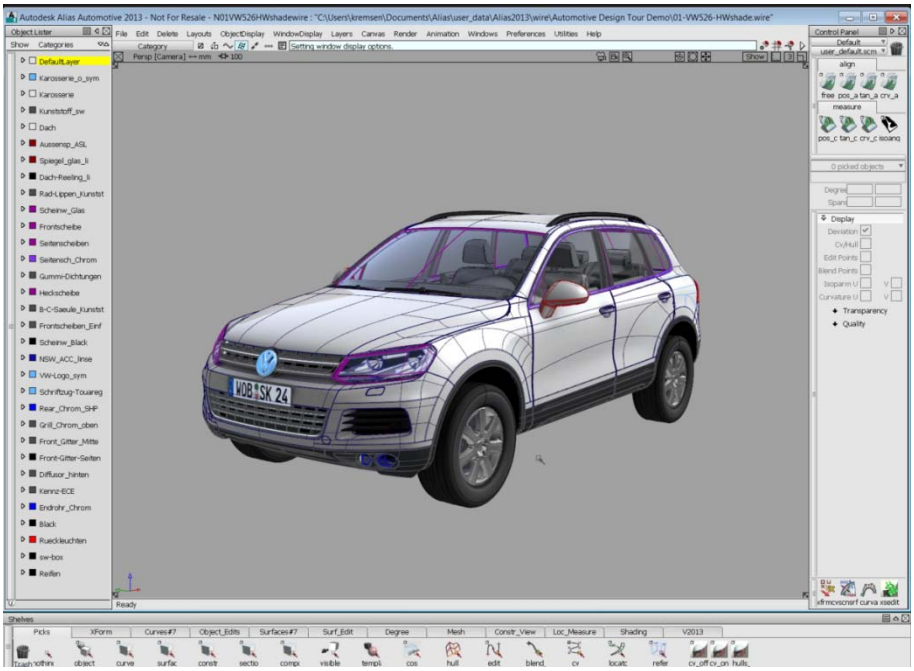

**Figura 108: Interface do AliasStudio.**

A Honda utiliza o AliasStudio desde os anos 1980. A equipe de design da empresa buscava um programa CAD que fosse capaz de realizar modelamento digital consistente e que oferecesse capacidades além do modelo em *clay*. A Honda também pretendia utilizar um sistema que possibilitasse simular interações virtuais com este modelo digital e que fosse capaz de compartilhar esta informação. Nos anos 1980, o Alias Studio Tools exigia grande conhecimento técnico e muita habilidade para operá-lo, sendo utilizado para modelar pequenas peças e componentes, como o conjunto ótico e retrovisores. Foi em meados dos anos 1990 que a Honda passou realizar experiências para modelar a carroceria completa no AliasStudio. A Honda ainda utiliza outros programas 3D, inclusive um software próprio para desenvolvimento de superfícies classe-A, e que o fluxo de trabalho ainda utiliza intensamente o modelamento em *clay* (NICOLSON, 2007).

Rick Hsu, designer da Honda afirma (apud NICOLSON, 2007) que não importa qual ferramenta digital utilizem, os designers (da Honda) ainda tomam suas decisões nos modelos em *clay*, porque nada se compara à interação física humana com um modelo.

## 5.3 Interface: Wacom *Tablets*

A interface mais utilizada pelos designers é o *tablet*, uma prancheta no qual se utiliza uma caneta para indicar a posição do cursor. O *tablet* pode ser de dois tipos: uma prancheta com sensores para apresentar a interação no monitor ou um monitor com interação direta por meio de caneta especial ou com os dedos. A precisão obtida com as canetas determina a qualidade do *tablet*. O processo de interação do *Sketch*pad de Sutherland utilizava de maneira similar, uma *light pen*, dispositivo de interface em forma de caneta para uso em monitores CRT. Os *tablets* Cintiq da Wacom são *tablets* com tela em LCD para interação direta permitindo o desenho direto sobre a superfície da tela.

A Wacom é uma empresa multinacional sediada no Japão, fabricante de *tablets* gráficos e produtos relacionados. Produz diversas linhas de *tablets* que são fornecidos com canetas digitais de uso exclusivo em todos os produtos. As linhas dedicadas ao mercado de design automotivo utilizam canetas digitais sem baterias de tecnologia EMR (*Electro Magnectic Resonance*) que permite ao *tablet* verificar quanta pressão está sendo aplicada com sensibilidade de até 2048 níveis diferentes. A caneta ainda informa inclinações de até 60 graus e rotação no eixo vertical[43].

As duas linhas mais utilizadas no design de automóvel são a Intuos e a Cintiq. A linha Intuos tem *tablets* de diversos tamanhos para ser usado como interface. O *tablet* Cintiq é um híbrido de tablet com monitor de LCD que permite o desenho diretamente sobre a superfície do monitor.

**Figura 109: *Tablet* Wacom Cintiq.**

[43] Informações do fabricante, disponíveis no sítio: http://www.wacom.com. Acesso em 01 dez. 2012.

## 5.4 Programas para visualização e apresentação

O que a computação gráfica tem acrescentado no processo de design é a apresentação em vídeos realistas, simulação do veículo em movimento com comportamento dinâmico e a comparação com outros veículos existentes no mercado. Os programas de apresentação como o Autodesk Showcase têm importância cada vez maior, incorporados ao processo de design, como ocorrido com os modelos em *clay* nos anos 1920.

A base para o projeto de automóveis ainda é a capacidade do designer de criar *sketches*. Portanto transportar um *sketch* para o mundo digital passou a ser a parte crítica no processo de projeto. Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010) consideram que o uso de técnicas digitais revolucionou a indústria porque permite aos designers experimentar e conceber os veículos, visualizá-los em diferentes ambientes e até interagir com eles sem construir modelos físicos. Permite ainda que o mesmo modelo virtual siga adiante no processo, para desenvolvimento da engenharia e de produção.

O uso de técnicas digitais funde a criatividade artística do designer com a eficiência fria dos modelos matemáticos de engenharia. Lewin e Borroff (LEWIN; BORROFF, 2010) afirmam que com isso se reduziu o tempo total necessário para novos projetos e agilizou-se a implementação de mudanças no desenvolvimento. Os desenhos feitos à mão podem ser importados diretamente no Autodesk AliasStudio para que o projeto seja desenvolvido até as superfícies Classe-A. Ainda segundo Lewin e Borroff, o designer pode utilizar o Autodesk *Sketch*book Pro para criar *sketches* digitalmente utilizando um tablet Wacom e depois modelando em 3D no AliasStudio. Os modeladores digitais utilizam o Alias Surface para transformar as superfícies escaneadas de modelos em *clay* para as superfícies de alta qualidade.

A conclusão dos trabalhos do processo de design é verificada por meio de modelos digitais inseridos em diferentes ambientes virtuais utilizando-se programas de visualização e projetados em grandes monitores ou *powerwall*s, simulando características e propriedades físicas realistas (LEWIN; BORROFF, 2010). Os programas utilizados são o Autodesk 3ds Max,

Autodesk Maya, Bunkspeed hyperShot, Bunkspeed hyperMove, Bunkspeed hyperDrive, Bunkspeed Shot, Luxion KeyShot, PI-VR VRED Essentials, PI-VR VRED Photo, PI-VR VRED Professional, RTT DeltaGen, RTT DeltaView, entre outros.

**Figura 110: Interface do Autodesk Showcase.**

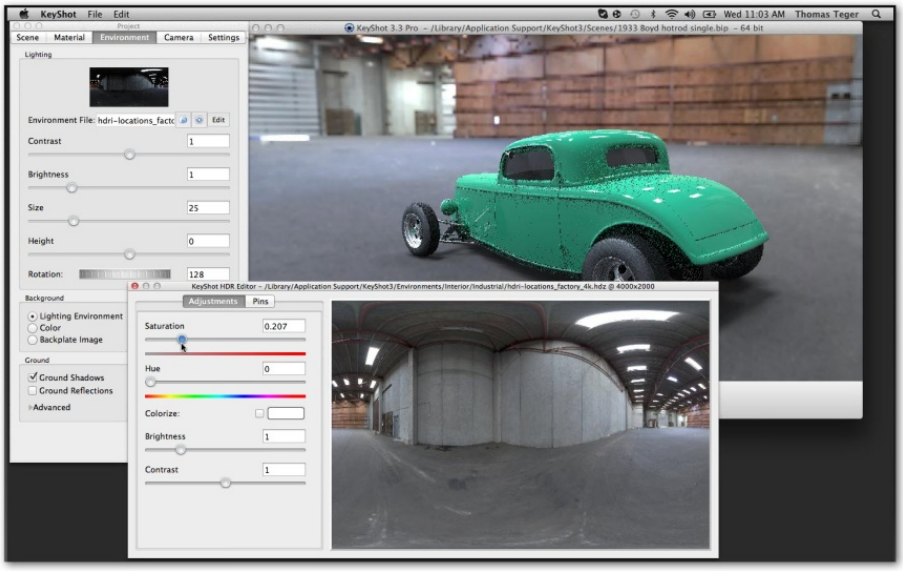


**Figura 111: Interface do Luxion KeyShot**

**Figura 112: Interface do Bunkspeed**

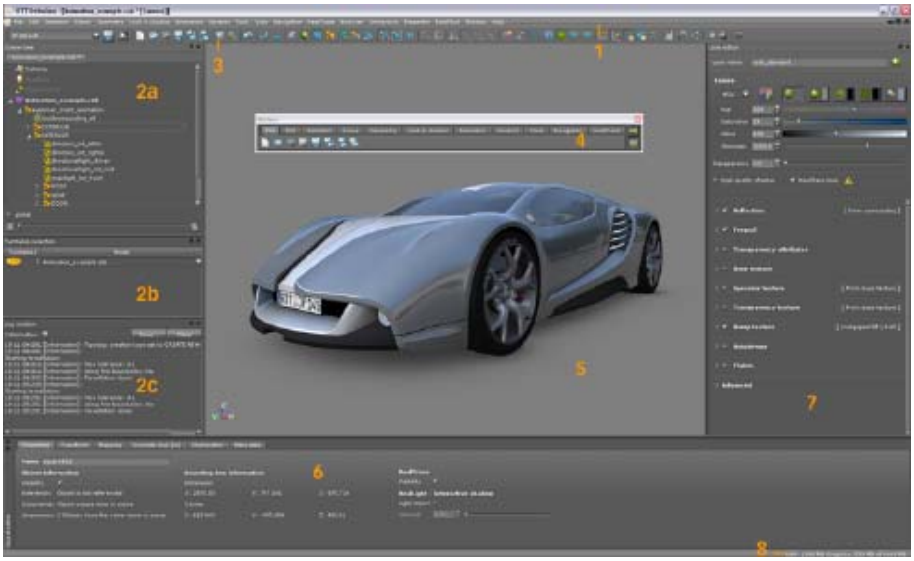


**Figura 113: Interface do RTT Deltagen**

**Figura 114: Interface do PI-VR VRED**

**Figura 115: Interface de visualização para aplicação de materiais e geração de imagens fotorrealistas do Autodesk Showcase. Fonte: Autodesk.**

**Fluxo de trabalho proposto pela Dassault Systèmes.**

A Dassault Systèmes propôs um fluxo de trabalho utilizando o ICEM, programa incluso em seu portfólio da solução CATIA. A Dassault sugere: realizar o *sketch* diretamente em 3D, utilizar os desenhos em *black tape* em escala 1:1 como referência dimensional e modelar as superfícies com as ferramentas de criação de superfícies complexas do ICEM Surf. As seguintes figuras abaixo demonstram esse fluxo:

**Figura 116: *Sketch* em 3D**

**Figura 117: Inserção de desenhos para referência dimensional e formal**

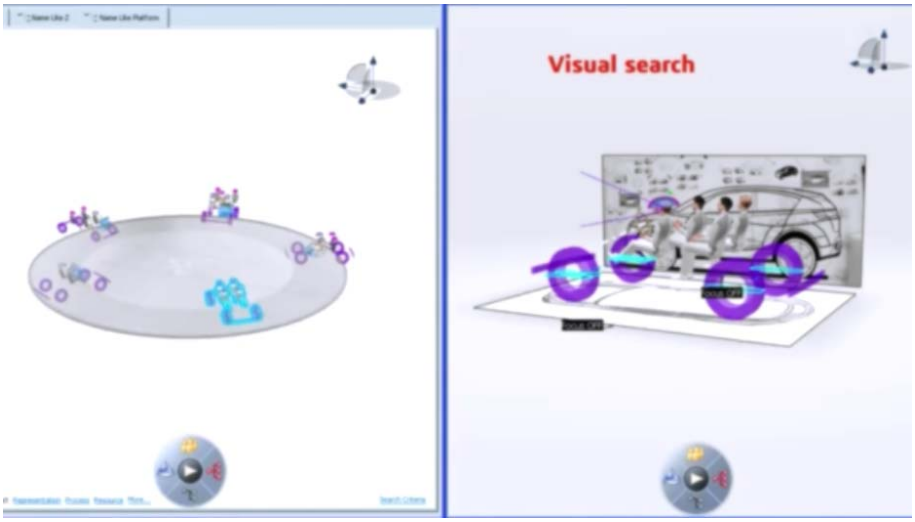


**Figura 118: Seleção de *package* ou *layout* pré-definido: posição de motorista e passageiros, eixos e rodas.**

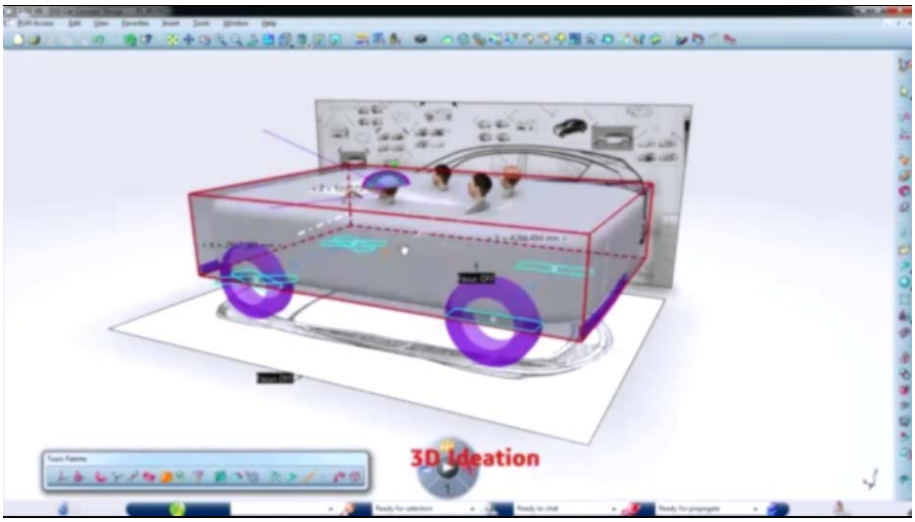


**Figura 119: Criação de um "bloco" básico.**

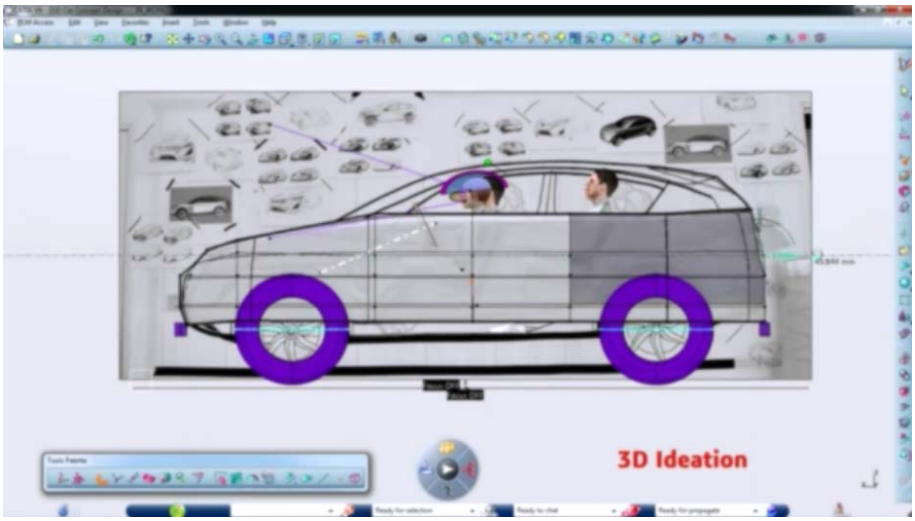


**Figura 120: Modelamento do bloco sobre a referência.**

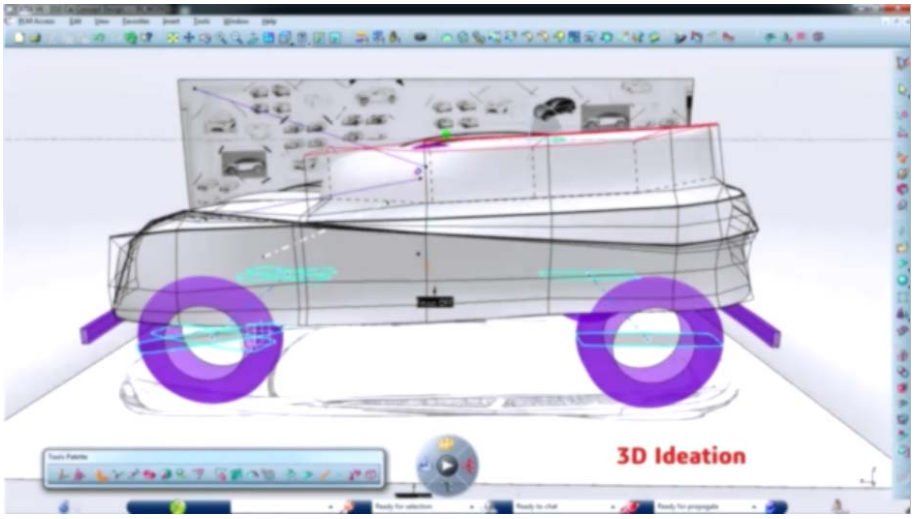


**Figura 121: Modelamento das demais superfícies.**

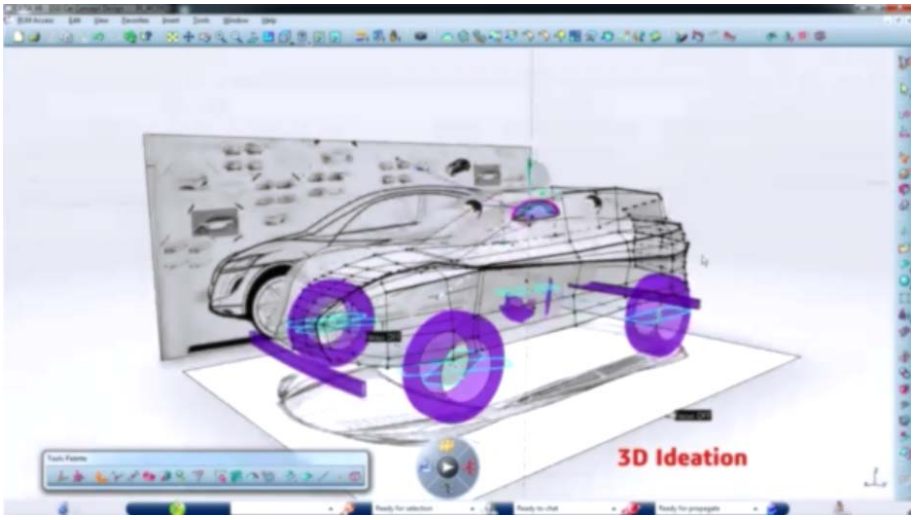


**Figura 122: Ajuste das superfícies.**

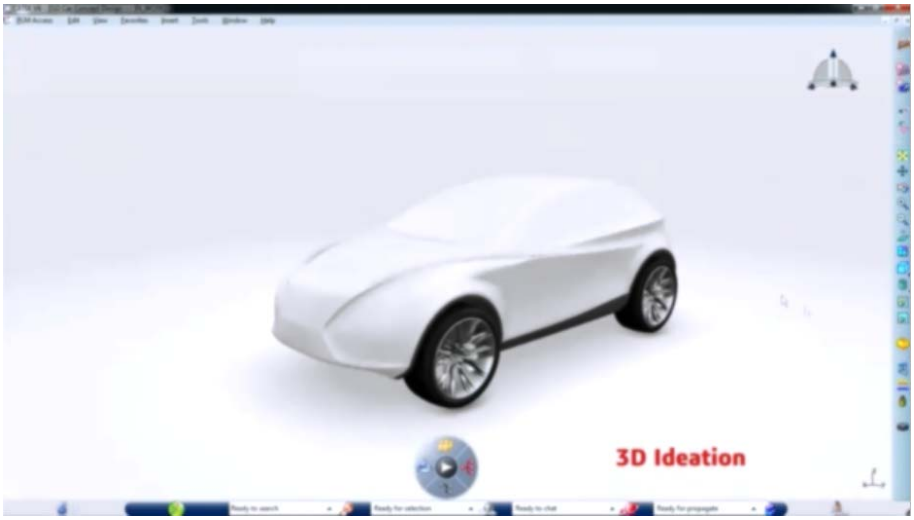


**Figura 123: Verificação da forma e inclusão de elementos realistas.**

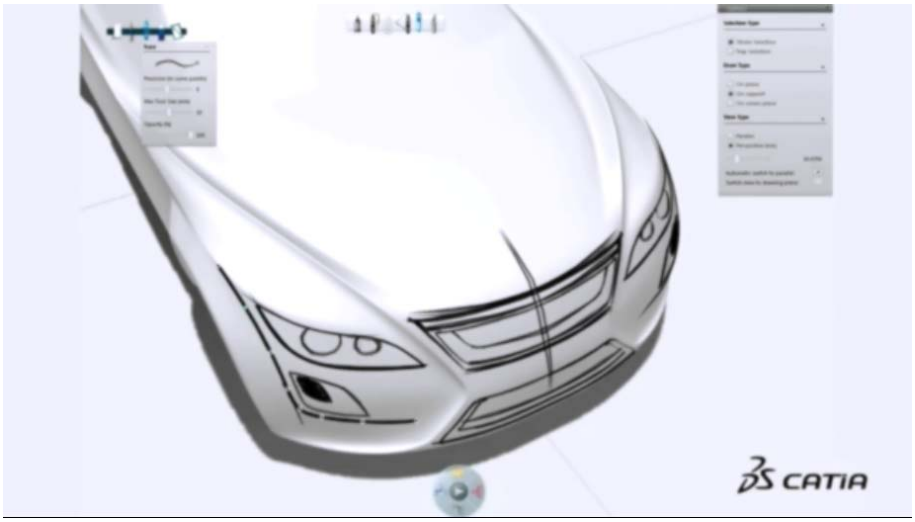


**Figura 124: Execução de *sketch* diretamente sobre a superfície.**

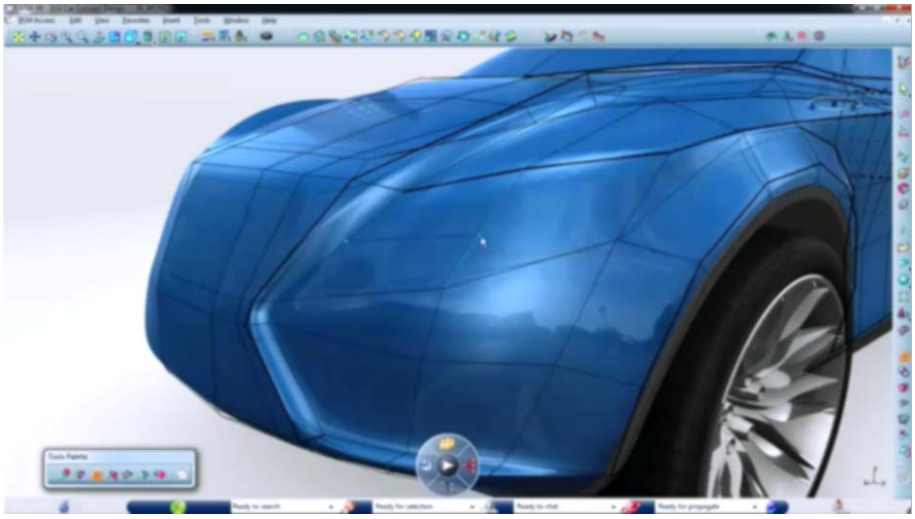

**Figura 125: Ajuste dos detalhes das superfícies. Manipulação dos pontos de controle.**

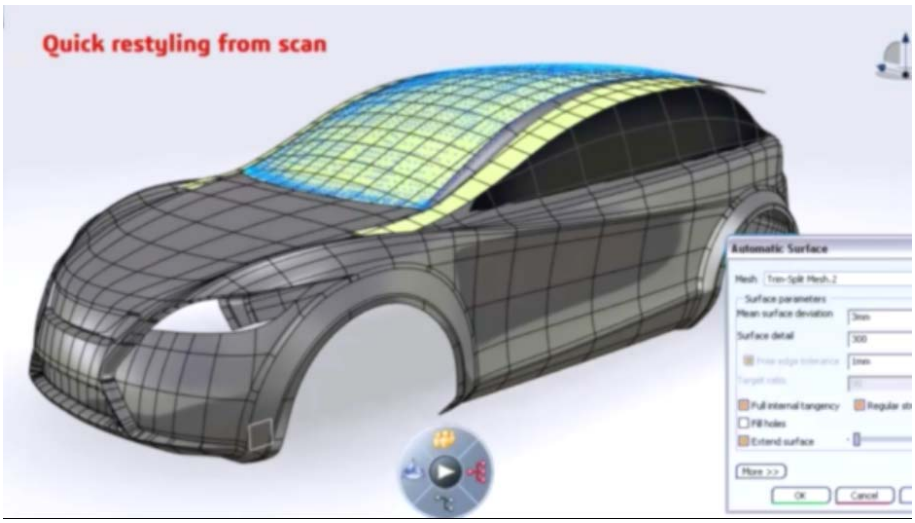


**Figura 126: Revisão das superfícies.**

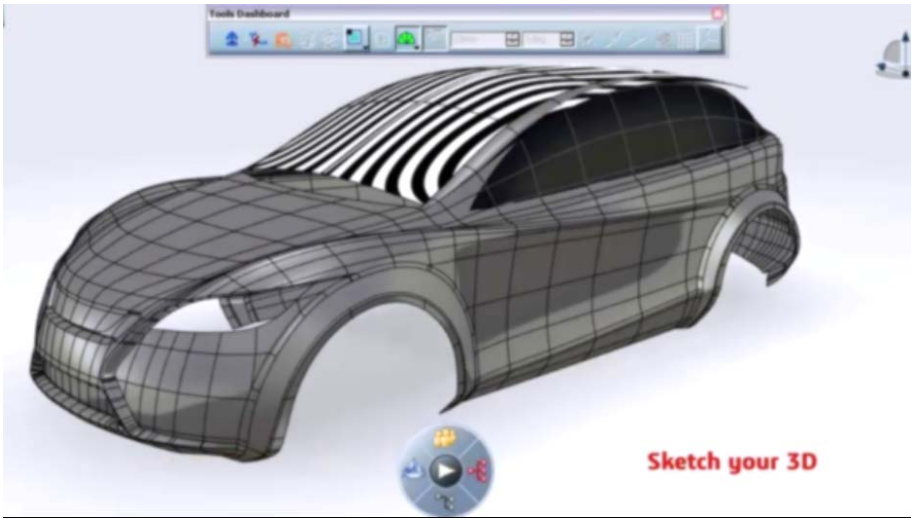


**Figura 127: Modificações dinâmicas em 3D**

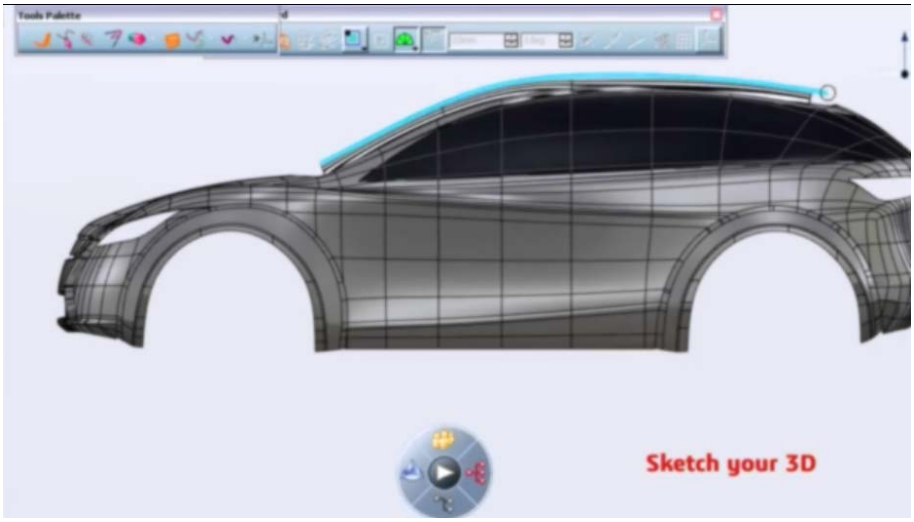


**Figura 128: Modificação da superfície por meio da linha de eixo**

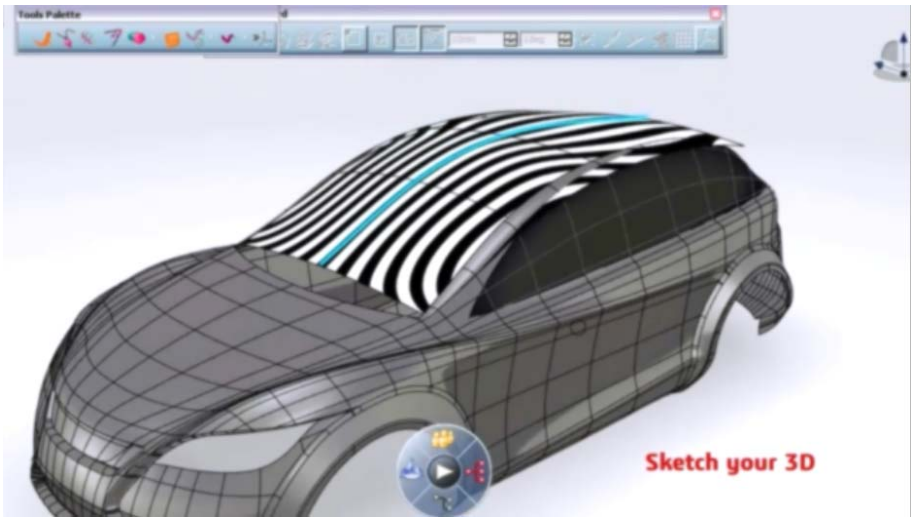


**Figura 129: Verificação da superfície com *render* zebrado.**

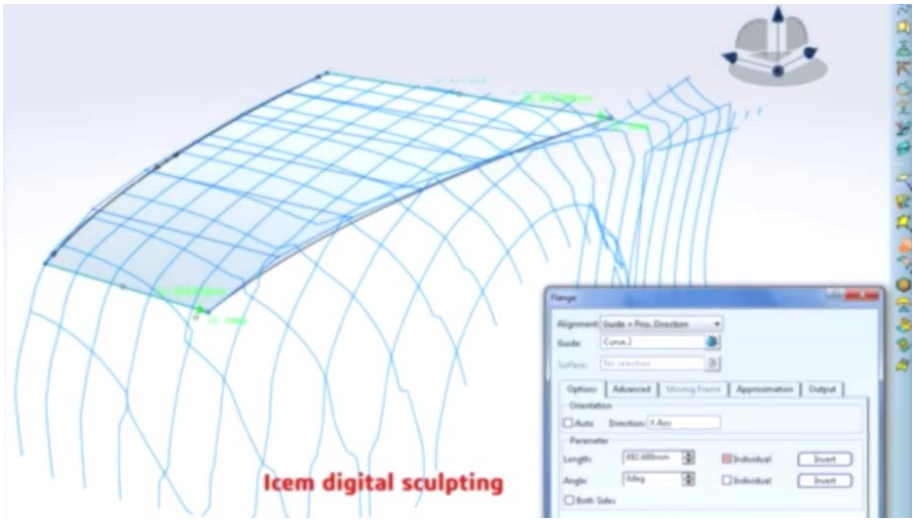


**Figura 130: Alisamento das superfícies para geração de superfícies Classe-A**

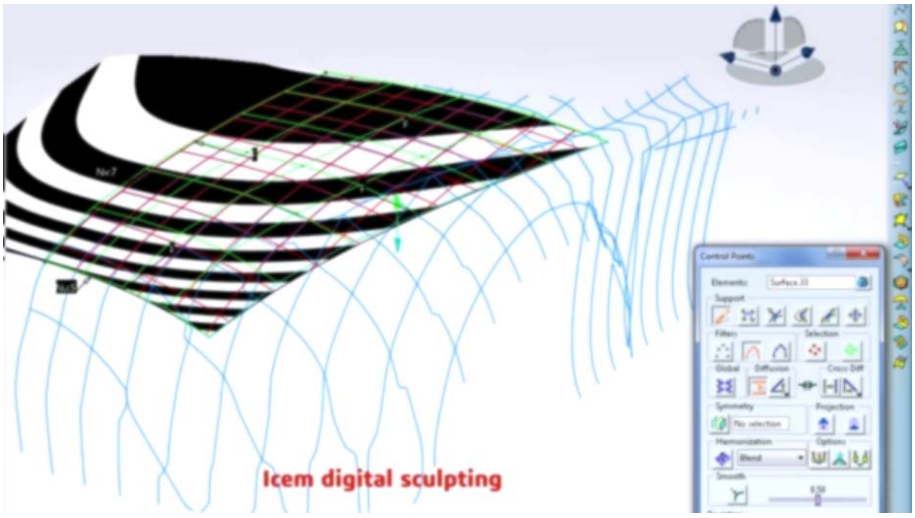


**Figura 131: Verificação da superfície com *render* zebrado.**

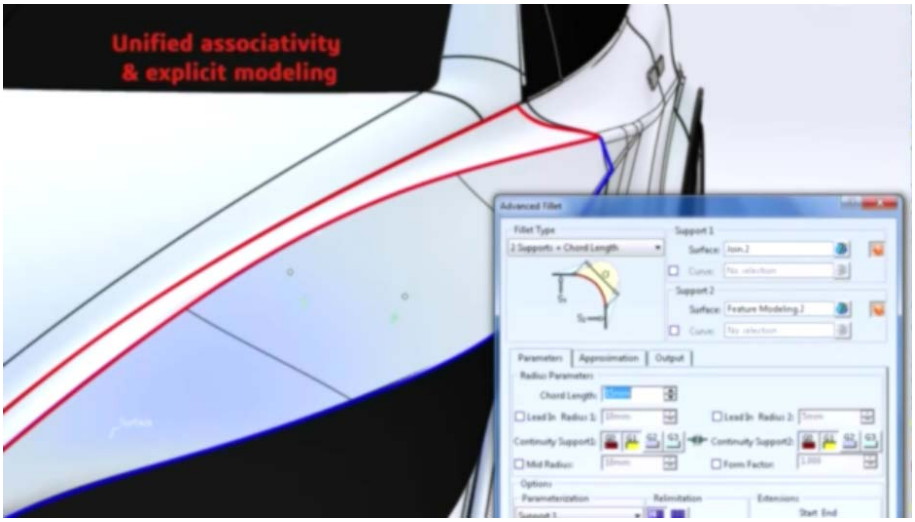


**Figura 132: Modelagem parametrizada.**

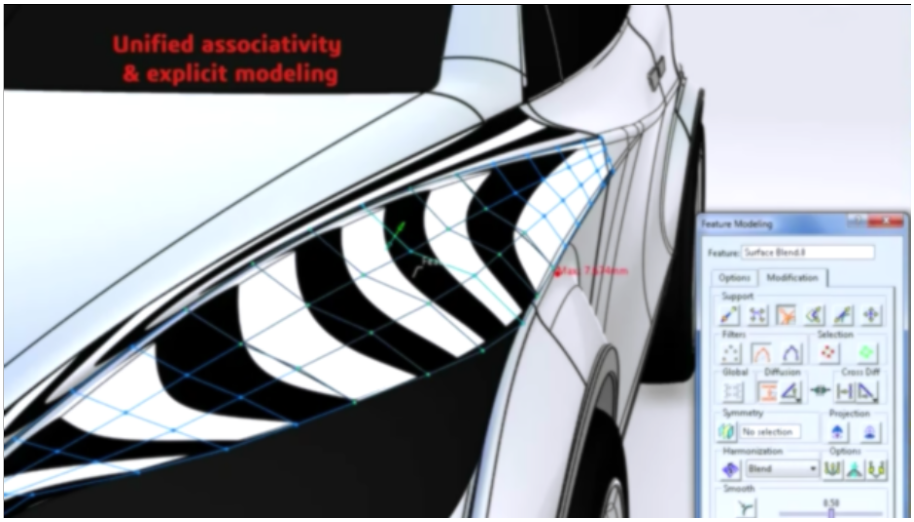


**Figura 133: Modificação coordenada das superfícies.**

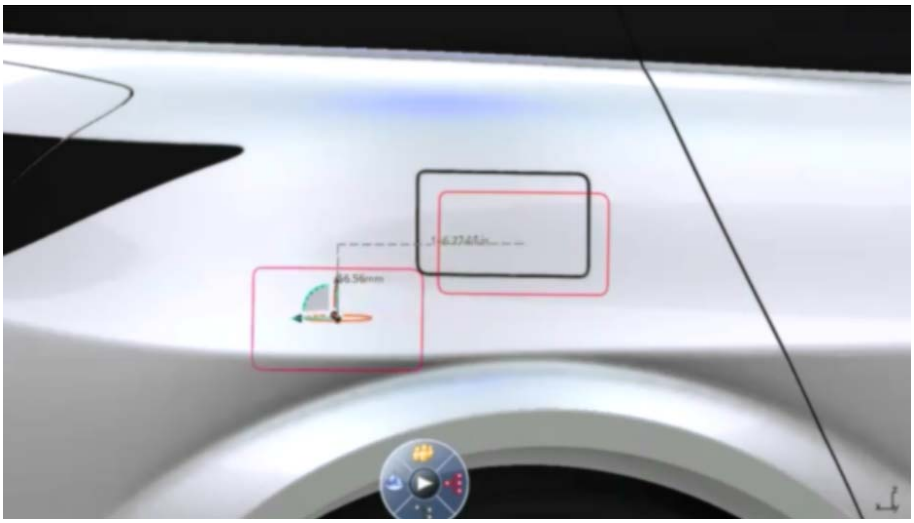

**Figura 134: Elementos parametrizados aplicados à superfície.**

**Figura 135: Reutilização de parâmetros armazenados.**

**Figura 136: Modificação dinâmica de parâmetros.**

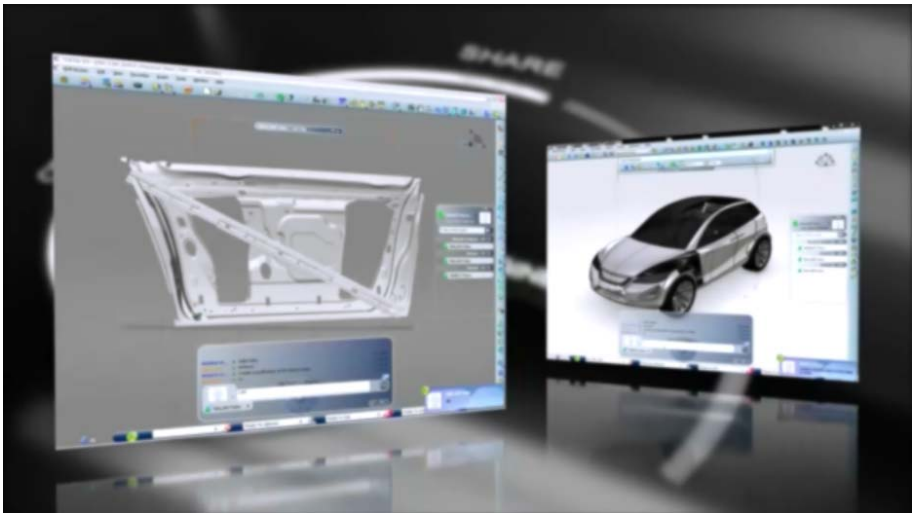

**Figura 137: Trabalho coordenado com outras disciplinas.**

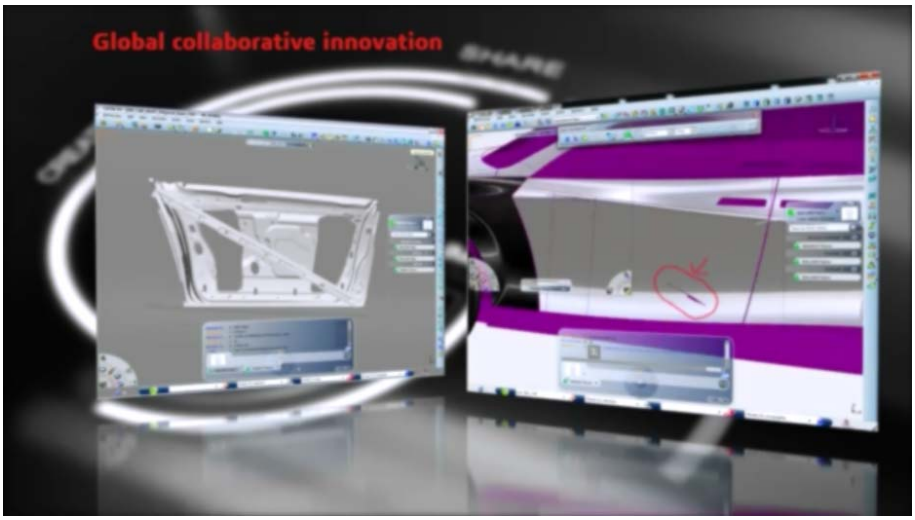


**Figura 138: Verificação de interferências interdisciplinar**

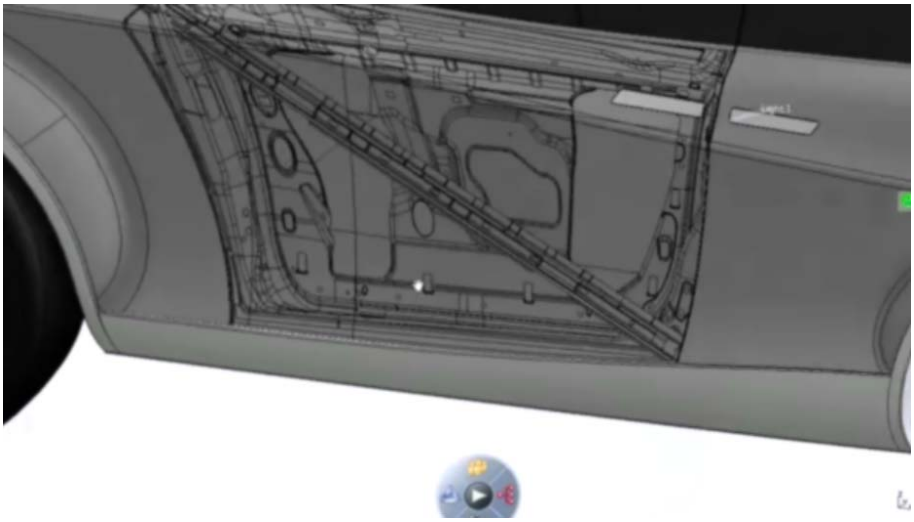

**Figura 139: Referenciamento de modelo 3D da engenharia.**

**Figura 140: Correção da interferência**

**Figura 141: Aplicação de materiais e iluminação para apresentação e revisão.**

**Figura 142: Visualização realista: reflexos e refrações**

**Figura 143: Visualização realista: iluminação**

**Figura 144: Apresentação em *powerwall***

# 6

# 6. Estudo de casos: Reduzindo modelos em *clay*

## 6.1 Renault Megané 2008

Em novembro de 2008, a revista eletrônica Car Design News anunciou que a Renault havia desenvolvido o projeto de um novo automóvel sem o uso de *clay* no processo (LIVINGSTONE, 2008)[44], fato que gerou interesse para este trabalho. Não usar *clay* significava implicitamente que a empresa havia usado massivamente ferramentas digitais para projetar a terceira geração do Megané. Apesar da divulgação, verificamos que a Renault não deixou de usar o *clay* no processo, pois o modelo físico final em escala real foi construído pelo processo tradicional.

O projeto desta terceira geração do Megané foi iniciado em setembro de 2004 (LIVINGSTONE, 2008). O pré-programa do projeto foi desenvolvido por três designers do *Advanced Design Studio* em Bastille na França, liderados pelo designer Fabio Filippini. Nesta época, o diretor de design ou *Head of Design* era Patrick Le Quément, cujo perfil e biografia são descritos no capítulo 1 deste trabalho.

Em maio de 2005 o programa seguiu para o estúdio da empresa na cidade de Paris, França. Cerca de vinte designers trabalharam basicamente em *sketches* 2D, predominantemente em

[44] Do inglês: "*The third generation Megane, launched at the Paris Motor Show in October, is Renault's most important model, accounting for over a third of total Renault sales. And it's also a significant design: the new car takes a far less radical approach than did its predecessor, and it is the first production Renault to have been designed without using any clay models.*", incluindo uma declaração do designer Fabio Filippini: "*Interestingly all design work was exclusively digital, with no clay models produced. This is a significant, but natural, development of Renault's standard design process* [...]." (LIVINGSTONE, 2008, grifo nosso)

Adobe Photoshop, de acordo com Filippini (apud LIVINGSTONE, 2008) e alguns feitos à mão, que eram escaneados para permitir as apresentações digitais das reuniões.

O passo seguinte no mês de setembro foi a criação de oito modelos digitais para verificação dos conceitos desenvolvidos em 2D. Estes modelos são chamados de DMU (*Digital Mock-Up*) conceituais.

Destes oito DMU, seis foram escolhidos para seguir no desenvolvimento por mais um mês. Quatro modelos foram escolhidos para a construção em escala real, que foi concluído em dezembro de 2005.

De acordo com Livingstone (LIVINGSTONE, 2008) o projeto do Megané foi todo desenvolvido digitalmente, sem a utilização de modelos em *clay*, tornando-se este o passo natural no desenvolvimento de processos padrão de design da Renault.

**Figura 145: Produção de *sketches* digitais do Renault Megané. Fonte: Car Body Design.**

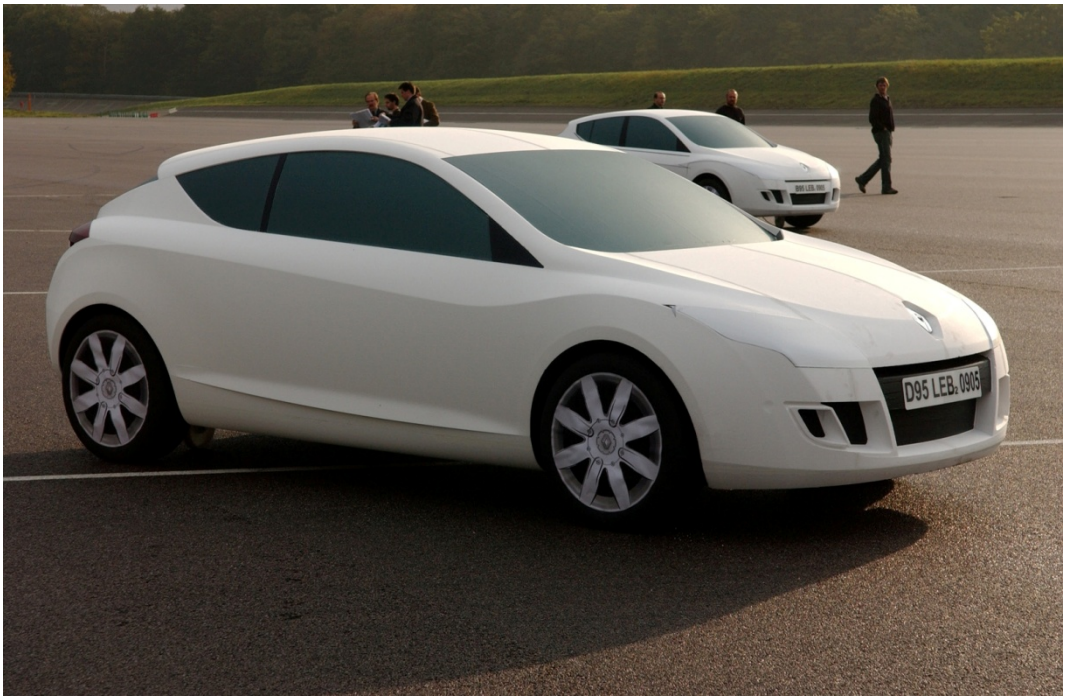


**Figura 146: Modelos do Megané sem *clay* em escala real, para o desenvolvimento do exterior e interior. Fonte: Car Design News.**

**Figura 147: Modelos do Megané sem *clay* em escala real, para o desenvolvimento do exterior e interior. Fonte: Car Design News.**

**Figura 148: Modelos digitais do Renault Megané no processo de desenvolvimento, em substituição aos tradicionais modelos em escala reduzida em *clay*. Fonte: Car Body Design.**

**Figura 149: Renault Megané - Quatro modelos de exterior com aplicação de Dinoc e acabamentos. Fonte: Car Body Design.**

Por meio dos modelos digitais, uma máquina CNC usinou os quatro modelos selecionados em espuma rígida. A Renault não declarou o tipo de espuma, se de uretano ou estireno. Esses modelos exigiram ainda mais “dois ou três dias para limpar as superfícies”, declarou Filippini (apud LIVINGSTONE, 2008). As revisões realizadas no modelo 3D foram depois escaneadas para atualizar o modelo digital.

Nesta fase, interferiram no design de Le Quément e Filippini os diretores comerciais, de marketing, de engenharia, de planejamento de produção, do planejamento corporativo, do planejamento de produto, de programas e controles e o vice-presidente executivo Patrick Pelata.

O projeto do interior seguiu paralelamente mas com três modelos físicos ao invés de quatro, sendo reduzido a somente um modelo em dezembro de 2005.

**Figura 150: Modelos digitais utilizados no processo de desenvolvimento do interior do Renault Megané. Fonte: Car Design News.**

O estudo do exterior utilizou dois modelos até abril de 2006, quando foi selecionado o modelo final pela mesma equipe de gerenciamento anterior com a colaboração do

presidente da empresa, Carlos Ghosn. Este modelo final foi desenvolvido em *clay* de forma tradicional, para avaliação e verificação das formas e superfícies.

**Figura 151: Renault Megané - Modelo final em *clay*. Fonte: Car Body Design.**

Definido o modelo final em abril de 2006, o interior e exterior tiveram o *design freeze* em junho de 2006. Até junho de 2008 foram desenvolvidas as ferramentas e processos de produção, quando o Megané recebeu o SOP (*Start of Production* ou início de produção) e início das vendas em outubro de 2008.

Foi o desenvolvimento de design mais rápido feito até então pela Renault para a produção de um novo modelo. Livingstone (LIVINGSTONE, 2008) afirma que foi graças à remoção do processo do modelamento manual em *clay* nas etapas iniciais que o processo de design foi mais eficiente. No processo tradicional, segundo a GM (COSTA, 2011), seriam construídos no mínimo mais quatro modelos em escala reduzida e dois modelos completos em escala real com interior e exterior, todos executados em *clay*.

Observa-se que os modelos finais em escala real do exterior e do interior do Renault foram construídos em *clay* no processo tradicional, o que talvez seja até mesmo um pequeno retrocesso, para aferir se a percepção obtida digitalmente conferia com o resultado obtido.

## 6.2 Ford Taurus 2010

O Taurus 2010 foi o primeiro programa veicular da Ford a ser desenvolvido digitalmente desde a fase de pesquisa de mercado. De acordo com a empresa, o veículo foi desenvolvido com 12 meses de antecedência e o corte nos custos nas etapas e modelos preliminares foi de 50%. (FORD, 2009)

Neste novo fluxo de trabalho utilizando técnicas de visualização virtual, as decisões e soluções visuais foram tomadas mais rapidamente. A definição da volumetria e a avaliação das superfícies foram completamente realizadas em ambiente virtual. A Ford assim reduziu a dependência de construção de modelos físicos mudando o processo de projeto de automóveis e a organização do estúdio e obtendo redução de custos e prazos.

A Ford encarregou sua equipe de desenvolvimento de produtos a antecipar este projeto em um ano, o que exigiu envolvimento de todos os departamentos, design, engenharia, manufatura e marketing, de acordo com Moray Callum (FORD, 2009), diretor executivo de design. As ferramentas digitais tiveram grande importância neste desafio. Outro benefício identificado foi a unificação da linguagem utilizada por todos ao compartilhar a mesma visualização do produto em todos os níveis. Jeff Nowak (FORD, 2009), chief designer do Ford Studio 2000X afirmou que todos os grupos agora podem se comunicar através de uma visão comum unificada. Ford Studio 2000X é o estúdio de mídias e de design digital que suporta os estúdios da Ford globalmente.

Como resultado, o sucesso do Ford Taurus 2010 foi reconhecido pelo design exterior e interior tendo a revista AutoWeek[45] o premiado como o veículo mais significativo (*Most Significant*) do North American International Auto Show de 2010 (FORD, 2009).

No passado, os designers utilizavam lápis e papel para representar os novos automóveis em forma de *sketches*, modelos físicos esculpidos em *clay* que eram criados e recriados de acordo com as alterações no desenvolvimento do projeto. O trabalho digital acrescentou uma ferramenta exploratória poderosa na paleta do designer, afirmou Nowak (FORD, 2009).

[45] POIRIE, Rachel. **AutoWeek Editors Honor the Best of the 2009 North American International Auto Show**. Press Release, AutoWeek: 13 jan. 2009.

**Figura 152: Ford Taurus - Modelo digital. Fonte: Car Design News.**

O processo digital foi incorporado desde o início do projeto. Todas as ferramentas analógicas, como canetas, lápis, *markers* e pincéis foram substituídos por seus correspondentes digitais, com os *sketches* sendo criados digitalmente (FORD, 2009). Assim os *sketches* podem ser alterados para verificar versões alternativas imediatamente, em contraste com a época em que se discutiam desenhos afixados na parede. “A capacidade de experimentação foi bastante ampliada com o design digital”, afirmou Nowak (FORD, 2009).

Na fase de desenvolvimento, a pesquisa de mercado era feita inicialmente utilizando imagens e *sketches*. No desenvolvimento da proposta, modelos físicos eram construídos para confirmação da visão do mercado antes de seguir com as propostas finais aprovadas pelo comitê responsável e a presidência da empresa.

Ao representar digitalmente as propostas, as avaliações do mercado são mais precisas. De acordo com Christine Lazarchuk, diretora de Global Market Research, a construção dos modelos físicos e o envio destes para as clínicas de pesquisa de mercado representam um custo muito alto (FORD, 2009).

O *exterior chief designer* Earl Lucas explica que não existe mágica para reduzir o cronograma: “É a força de nossa equipe de design, mas principalmente porque nossa equipe é composta por pessoas altamente qualificadas com familiaridade no uso das novas ferramentas.” – diz,

acrescentando: “Agora temos uma geração que não tem o histórico de fazer as coisas da maneira antiga”. Ele também explica como as ferramentas de visualização como Autodesk Showcase e Bunkspeed UDrive ajudaram no processo: “Não é que fazemos menos trabalho de exploração. É que com a qualidade das imagens que conseguimos [...] o trabalho é mais produtivo.” (apud BOISSE, 2009)

As ferramentas de visualização deram aos designers a capacidade de visualizar as propostas em diferentes ambientes com imagens fotorrealistas, mudar as condições de iluminação e ver o veículo em movimento. De acordo com Lucas, os designers foram capazes de perceber as superfícies no monitor com precisão suficiente para trabalhar em alterações de cerca de 1 mm, evitando o uso de modelos físicos tradicionalmente utilizados.

Ressalta-se que, como o modelo era virtual, a engenharia pôde começar seu trabalho diretamente no modelo virtual, sem a necessidade do uso do escaneamento a laser das superfícies do modelo final, outra parte dispendiosa do processo tradicional.

A implantação do processo digital foi gradual, inicialmente com o design de rodas, passando pelo projeto do carro conceito Shelby GR-1 e depois aplicado no Taurus. As lições aprendidas no processo híbrido foram incorporadas na experiência do projeto do Shelby, onde os designers utilizaram modelos físicos e virtuais para constante verificação.

Lucas (apud BOISSE, 2009) cita que também é possível escanear um automóvel de outra empresa e editá-lo digitalmente, para comparação lado a lado, processo útil nas clínicas de mercado. Não se trata de avaliar apenas as formas do projeto, mas incorporar na visualização os modelos concorrentes para avaliá-los em um ambiente neutro. Para equalizar os modelos digitais, os designers aplicam a mesma cor e as mesmas rodas para as clínicas de mercado e seleções de propostas. Lucas considera que isto evita discussões desnecessárias em torno do design das rodas ou de seleção de cores melhorando a avaliação do ponto de vista do consumidor.

Assim como o exterior, o interior foi desenvolvido digitalmente em paralelo, sob a coordenação de Lon Zaback, *interior design manager*. Entretanto, para verificar a viabilidade, utilizaram-se os processos tradicionais.

A digitalização do processo não apenas reduziu custos e prazos do projeto Taurus. O valor estimado pela companhia é de cerca de 50% do previsto. Lazarchuck (FORD, 2010) afirma que melhorou a eficiência do processo porque os modelos digitais das propostas podem ser avaliados lado a lado com foco no design do produto.

A Ford pretende expandir o processo a todo seu portfólio no qual materializa o ideal de projetar seus modelos globais em qualquer parte do mundo. Callum (FORD, 2010) cita a possibilidade de se realizar análises e clínicas de mercado em todo o mundo sem a necessidade de transportar os modelos físicos.

O Taurus 2010 é fruto de uma nova proposta de *workflow* com o qual as técnicas de visualização tridimensional possibilitam tomadas de decisão mais rápidas, reduzindo a dependência de modelos físicos e protótipos.

Observamos que, mesmo com a digitalização da maior parte do processo, para a validação do projeto feito em CAD, constrói-se na etapa final do projeto, um modelo tradicional em *clay*. É uma mudança no processo de projeto até então estabelecido com significativa redução de custo e tempo.

**Figura 153: Modelos virtuais do interior do Taurus versão SEL (esq.) e da versão LTD (dir.). Fonte: Car Design News.**

**Figura 154: Ford Taurus - Modelo final em *clay*. Fonte: Car Design News.**

**Figura 155: Ford Taurus - Modelo final em *clay* com aplicação de filme DI-NOC. Fonte: Car Design News.**

## 6.3 Volvo S60 2011

Desde meados dos anos 1980, a Volvo formou parceria com a Alias e a Silicon Graphics no desenvolvimento de metodologia de modelamento em ferramentas CAD. Os *sketches* podiam ser feitos à mão ou digitalmente e imediatamente pré-modelados em Alias. Após revisado, o modelo digital era usinado em poliestireno expandido, em escala reduzida. Quando o desenvolvimento do projeto era considerado suficiente, construía-se o modelo em *clay*, em escala real. A estratégia da Volvo é simples, segundo Geza Loczi, diretor de design, e Doug Frasher, *strategic chief designer*, ambos do Volvo Monitoring and Concept Center: os designers modelam digitalmente. Na maioria das empresas, o modelador de *clay* é substituído por um especialista técnico em Alias (STEIN, 2001).

Segundo Frasher (apud STEIN, 2001), o Alias é importante, pois desenvolve as superfícies com a mesma metodologia do modelamento em *clay*, mas ressalta que por isso mesmo é importante os futuros designers conhecerem as técnicas básicas do *clay*.

Depois de 10 anos sob o controle da Ford, a Volvo não recuperou o investimento feito em 1999 quando foi adquirida pela montadora norte-americana. A venda para a Geely foi concretizada em agosto de 2010, em meio a grandes aquisições de tradicionais fabricantes de automóveis realizadas por investidores.

Em 2009, a Volvo apresentou faturamento de 12,4 bilhões de dólares, mas teve prejuízo de 653 milhões. O último ano em que a Volvo apresentou resultado positivo havia sido em 2005. A Ford pagou 6,5 bilhões de dólares em 1999 para a aquisição da Volvo. O panorama em 2010 era de mudanças e a Volvo apresentou um novo sedã, o S60 2011, resultado de expectativas positivas sobre o modelo conceitual apresentado no Salão de Detroit 2009 (SEY, 2009).

Örjan Sterner, *chief exterior designer* descreveu-o como um projeto que começou do zero. Partindo de doze propostas iniciais, foram selecionadas oito, depois cinco e finalmente reduzidas a três. As três propostas foram desenvolvidas paralelamente durante um ano e, de acordo com Sterner, quando o tema final foi selecionado, o projeto já estava 90% completo (apud SEY, 2010).

O primeiro modelo em *clay* foi desenvolvido um mês após a criação do primeiro *sketch* e foi construído em escala real. Sterner afirmou que utilizou o *software* AliasStudio imediatamente após a criação dos primeiros *sketches*, permanecendo em formato digital até a construção do modelo em escala real. Utilizou ainda o software Bunkspeed para visualizar as opções que desenvolvidas (SEY, 2010). O refinamento da proposta prosseguiu até o *design freeze* em setembro de 2007.

**Figura 156: Opções alternativas no perfil da linha de caráter ou *shoulder line* do Volvo S60. Fonte: Car Design News.**

# 7

# 7. Considerações finais

## 7.1 O futuro das ferramentas de CAD

Os avanços na área de computação gráfica, mais especificamente no modelamento tridimensional, resultaram em uma miríade de programas versáteis e sofisticados abrangendo várias áreas de aplicação. A maioria dos programas de modelagem 3D têm interface complexa e de difícil utilização, com lógica baseada em conceitos matemáticos para modelar e manipular superfícies. E mais, são desenvolvidos para estágios mais avançados do design, quando as propostas conceituais já estão estabelecidas e o projeto dispõe de precisão suficiente para utilização destas ferramentas de modelamento. "O projeto é a descrição de um objeto que não existe no começo do processo. Esta descrição se faz por aproximações sucessivas." (MARTINEZ, 2000, p.37). Analogamente, o modelamento 3D deve ter objetivo definido para que sua precisão seja aquela suficiente para a sua compreensão.

Os designers criam ilustrações, tanto em papel quanto em meio digital, para que posteriormente, os modeladores os utilizem como referência visual para ajustar as formas em conjunto com os designers. Por essa razão, observa-se que atualmente muitos designers modelam seus próprios projetos nas fases iniciais de concepção, utilizando o AliasStudio, e as prováveis razões para tal sejam a capacidade de comunicação com os programas como CATIA e NX, e pela possibilidade de se modelar superfícies com qualidade próxima mas não necessariamente Classe-A (LEWIN; BORROFF, 2010).

A prática de modelamento em CAD fundamenta-se no uso de teclado, mouse e uma tela como interfaces, mais um software com diversos menus de ferramentas. Os *sketches* por sua vez se utilizam de *tablets* digitais, incorporando ou não um monitor para visualizar o resultado, como no caso do *tablet* Wacom Cintiq, descrito no capítulo 5. Há diversos estudos

para o uso de canetas como interface – similares aos processo desenvolvido por Sutherland e seu *Sketchpad*[46], que consistem em verificar a viabilidade de propostas que possam interpretar a intenção do designer sobre modelos básicos pré-definidos, como nos trabalhos de Levent Kara et al., (2006, 2007), *Pen-based Styling Design of 3D Geometry Using Concept Sketches and Template Models* e *An evaluation of user experience with a sketch-based 3D modeling system*. Estes dois trabalhos analisam os resultados obtidos com o uso de canetas sobre superfícies tridimensionais, propondo uma nova forma de *sketch* tridimensional que pode ser utilizado desde o design conceitual, apresentado em forma de um programa nomeado *SketchCAD* (KARA et. al, 2007).

Tian et. al (TIAN et. al, 2009) apresentaram uma proposta de sistema CAD capaz de reconhecer desenhos à mão livre e transformá-los em elementos tridimensionais automaticamente; é um algoritmo de cálculo capaz de recuperar as linhas e vértices do *sketch* inicial, identificar superfícies e analisá-las.

O design conceitual é a fase na qual os designers iniciam o desenvolvimento de idéias e apresentam progressivamente suas propostas em forma de *sketches* (esboços). Os *sketches* e a conceituação "...são duas ações inseparáveis para a maioria dos arquitetos..." (BILDA et al., 2006). É o mesmo processo utilizado pelos designers na fase de conceituação, com os desenhos utilizados para registrar as idéias.

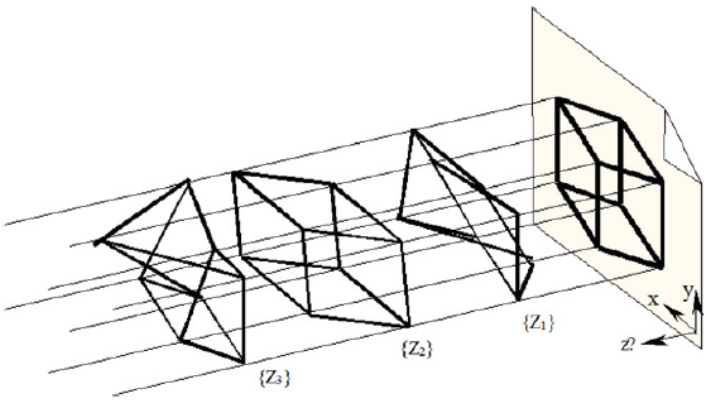


**Figura 157: A partir do desenho 2D, o programa obtém configurações espaciais sem restrições, possivelmente infinitas.**

[46] SUTHERLAND, Ivan Edward. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**. Massachusetts, 1963. Tese (Doutorado) Massachusetts Institute of Technology.

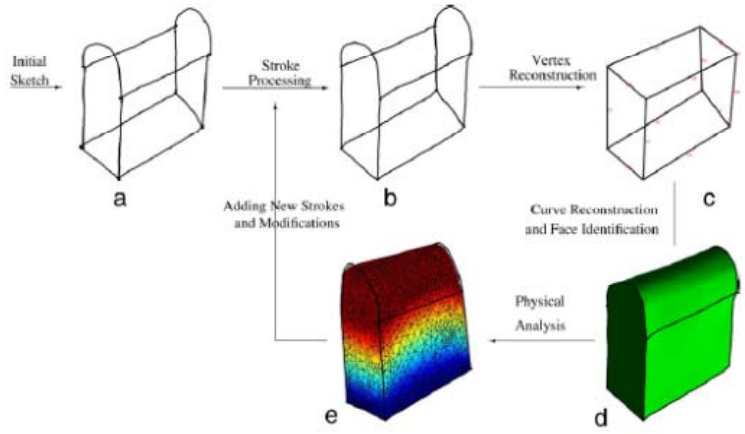


**Figura 158: Diagrama de funcionamento do programa.**

Wyvill et. al (WYVILL et. al, 2005) desenvolveram algoritmos para um programa de interpretação de desenhos chamado Shapeshop, que interpreta a geometria implícita no *sketch* do designer. O programa também cria imagens (*renderings*) com apresentação similar às ilustrações em bico-de-pena, conforme observamos na figura abaixo, para aproximar a representação digital à linguagem do desenho tradicional.

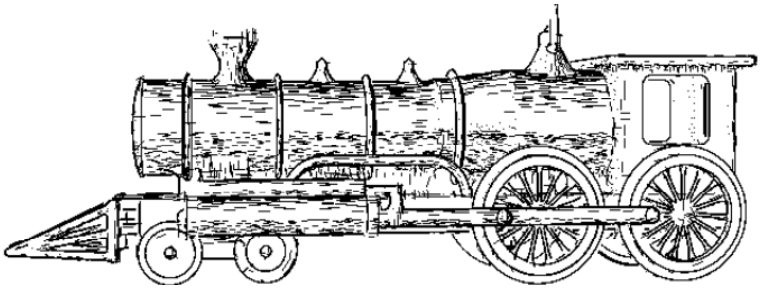

**Figura 159: *Rendering* representando uso de bico-de-pena de uma locomotiva, criado no Shapeshop.**

Observamos que Kókai et. al (KÓKAI et. al, 2007), da *Universität Basel* (Suíça) e da General Motors Research and Development publicaram um trabalho intitulado *Example-Based Conceptual Styling Framework for Automotive Shapes*, que propõe o uso de um conjunto pré-definido de volumes denominados *shapes*, compostos por linhas que definem a forma inicial do automóvel. O uso destes *shapes* iniciais adianta o trabalho de modelamento, pois parte de uma série de restrições (*constraints*) notáveis no desenho da carroceria do automóvel.

O designer pode optar por iniciar o projeto diretamente em 3D, alterando um dos *shapes* oferecidos em um método análogo à escultura, ou sobre um *sketch* em 2D, marcando

manualmente os pontos notáveis da carroceria e posteriormente manipulando os pontos para ajustar o modelo sobre o *sketch*.

É um método que torna o modelamento mais simples e permite a interpretação visual do desenho 2D por meio de gradientes de deformação de uma superfície pré-definida. Como o método propõe mais de uma maneira de criar o modelo 3D, seu uso torna-se mais intuitivo para o usuário a que se destina, no caso, o designer (KÓKAI et. al, 2007).

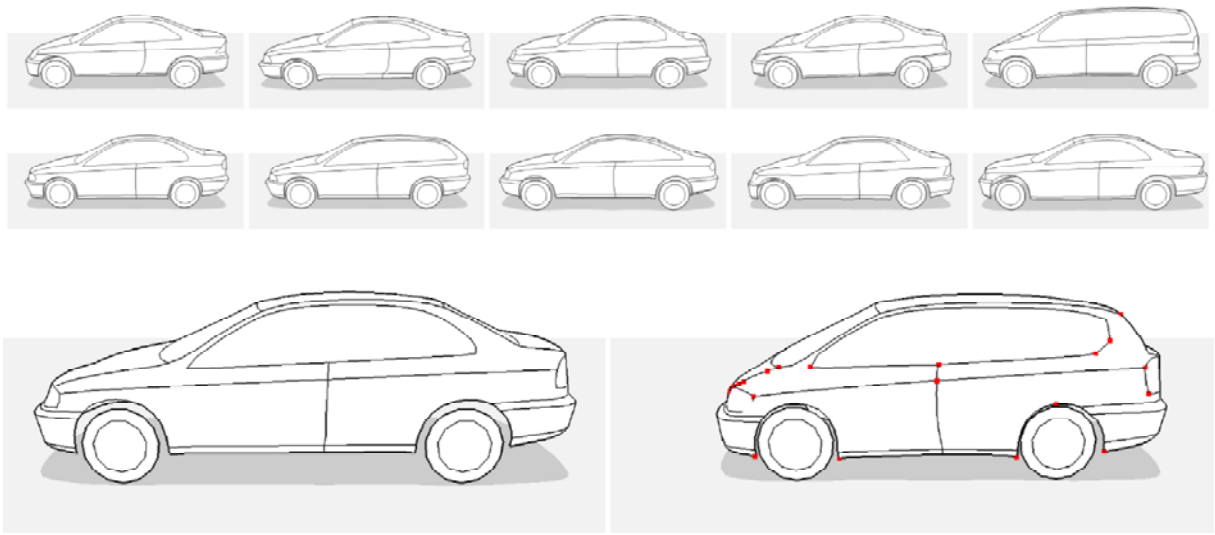

**Figura 160: O designer seleciona uma arquitetura veicular de uma série de exemplos (nas duas fileiras superiores) para iniciar o trabalho e modifica os pontos representados para criar uma nova configuração.**

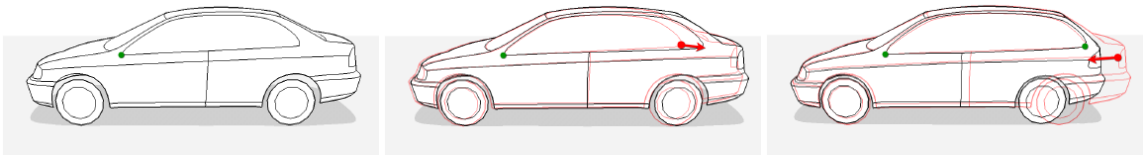

**Figura 161: Os pontos em verde foram definidos como restrições, não se modificam. O ponto em vermelho (com seta) demonstra o que ocorre quando arrasta-se o mesmo.**

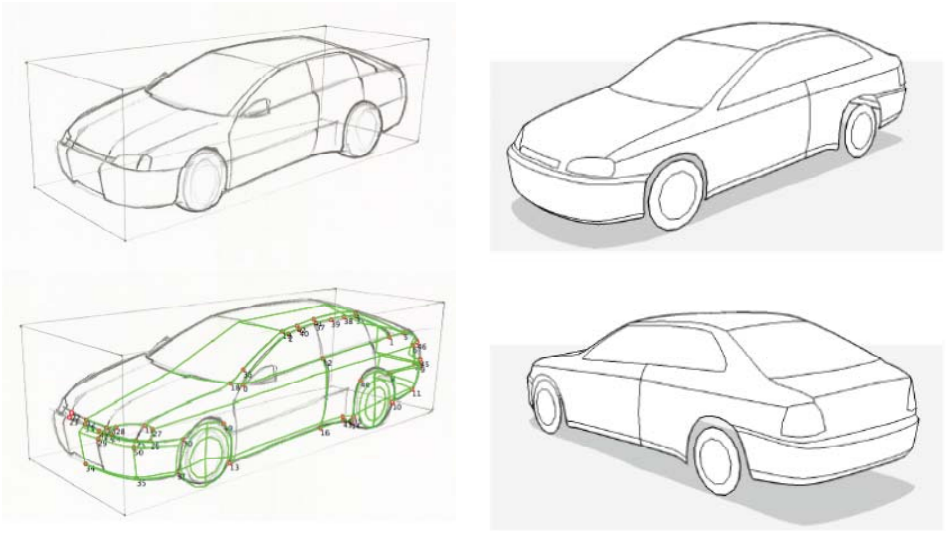

**Figura 162: O *sketch* de referência no alto à esquerda, embaixo à esquerda, o alinhamento dos pontos de restrição do *template* com o *sketch*. À direita, o modelo 3D modificado.**

Opostamente, Maheut e Melkonian (MAHEUT; MELKONIAN, 2011), da Dassault Systémes, apresentaram as ferramentas de modelamento digital da empresa capaz de integrar o desenho 2D conceitual com ferramentas de modelamento de superfícies de alta qualidade. Utilizando um *tablet* Cintiq da Wacon, que permite interagir diretamente sobre o monitor, o CATIA *for Creative Designers* foi apresentado como solução para integrar este fluxo de trabalho do processo criativo, permitindo a criação de *sketches* em 3D. Por meio de curvas paramétricas o designer pode traçar linhas diretamente no espaço sobre uma plataforma previamente definida por ele.

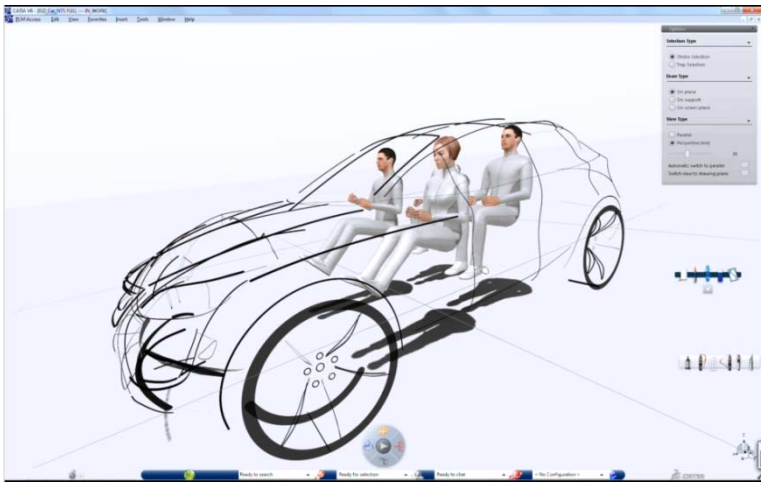

**Figura 163: *Sketch* em 3D.**

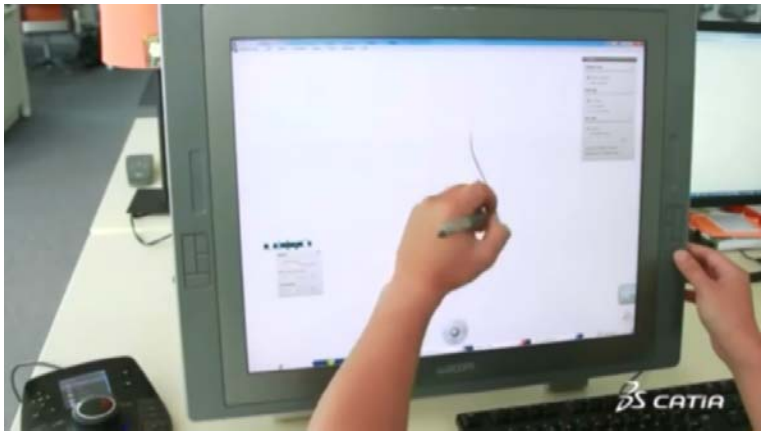


**Figura 164: Desenho diretamente sobre a tela do *tablet* Wacom.**

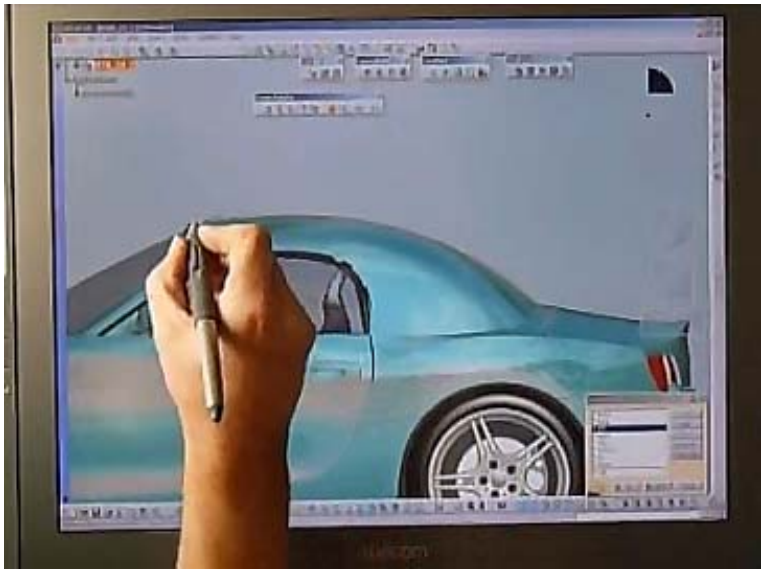

**Figura 165: Modificação da superfície de modo interativo.**

A abordagem dos teóricos como Kókai et. al (KÓKAI et. al, 2007) e de Wyvill et. al (WYVILL et. al, 2005) são propostas cuja viabilidade depende do interesse dos principais desenvolvedores do mercado como Dassault, Siemens ou Autodesk. Simultaneamente, cada empresa de software propõe soluções que tentam preencher essas necessidades do designer, utilizando os programas disponíveis em seus portfólios.

A Dassault já demonstrou, de acordo com o apresentado acima por Maheut e Melkonian (MAHEUT; MELKONIAN, 2011), que a empresa aposta no processo de anexar as projeções

ortogonais do projeto nos eixos cartesianos correspondentes. Portanto, a partir dos desenhos ortogonais com precisão numérica criam-se as curvas ou sólidos utilizando essas vistas como referência. Devido ao fato do CATIA ser um software capaz de modelar superfícies de qualidade Classe-A, o grau de precisão necessário para modelar também é elevado, se comparado aos processos de Kókai et. al (KÓKAI et. al, 2007) e de Wyvill et. al (WYVILL et. al, 2005).

A Siemens (SIEMENS, 2012), fabricante do sistema NX, não apresenta um programa para criação de formas livres, preocupando-se com a capacidade de enviar e receber os dados de outros sistemas no seu próprio fluxo de trabalho. Provavelmente, a Siemens não pretende concorrer com o Autodesk AliasStudio, ferramenta já consolidada entre os designers de automóveis.

O programa de CAD que Laguna utilizou para ingressar na indústria automotiva foi o ICEM (informação verbal)[47], programa atualmente incorporado ao CATIA. No entanto, ele também observa a presença do AliasStudio e do Showcase, ambos da Autodesk, nos estúdios de design. O modelamento para obtenção de superfícies de alta qualidade, feitos no CATIA e no NX, tem custo elevado de software, hardware e principalmente de profissionais.

Observamos que o futuro dos programas de design industrial, o CAS (*Computer Aided Styling*) ou CAID (*Computer Aided Industrial Design*), depende do atual panorama do mercado, que consiste na predominância do AliasStudio como ferramenta profissional dos estúdios de design. Também depende da qualificação de futuros usuários nessa ferramenta e finalmente, na capacidade do fabricante do programa de mantê-lo nessa liderança. Isso depende da constante melhoria do desempenho do *software* e da facilidade de uso para que os usuários e estúdios de design continuem adotando-o como principal solução de CAS.

[47] Informação fornecida por Laguna em São Paulo, em 2009.

## 7.2 O designer de automóveis

O designer de automóveis é um especialista dentro da prática do design industrial. Apesar dessa especialização, sua formação é compartilhada com as outras áreas do design, fundamentada no aprendizado pela prática. Tovey et. al (TOVEY et. al, 2010) sugerem que tal prática é agregada aos conhecimentos específicos da área para produzir profissionais com capacitação suficiente para garantir sua entrada na comunidade de designers de automóvel. Tovey et. al (TOVEY et. al 2010) também caracterizam o portfólio de trabalhos construído ao longo do curso como o "passaporte" de entrada nessa comunidade.

Há centenas de escolas que ministram cursos de design industrial no mundo inteiro, sendo que somente cerca de vinte são cursos específicos sobre design de veículos. A competição é acirrada já na seleção para admissão nessas escolas, que solicitam do candidato um portfólio relevante. Raul Pires, diretor de design da Italdesign Giugiaro, afirmou que devem existir provavelmente cerca de mil postos de trabalho para designers de automóveis no mundo inteiro, portanto este é um ambiente extremamente competitivo (informação verbal)[48].

As qualificações específicas necessárias para o futuro designer são o talento para a arte, habilidade em desenho 2D e mais recentemente, desenvoltura no uso de ferramentas digitais como Adobe Photoshop e AliasStudio. Permanece entretanto a forte ênfase na capacidade de transmitir idéias por meio de desenhos 2D (HULL, 2006).

Os estúdios de design de automóveis estão presentes no mundo inteiro, na maioria dos continentes. Os designers que trabalham nestes estúdios compartilham a mesma paixão por automóveis e cada vez que uma empresa apresenta um novo veículo desperta interesse em todos. Embora o desenvolvimento de um novo veículo seja mantido em segredo, há grande quantidade de informação que é compartilhada entre todas as empresas, pois existem demandas e restrições provenientes do mercado e das regulações governamentais (TOVEY; OWEN, 2006).

Os designers de automóveis dispõem de fontes de informação online, como o *website* Car Design News (CDN), criado por três designers dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha,

[48] Informação fornecida por Pires na 3ª Semana de Design Mauá, São Caetano do Sul, SP em 18 ago. 2012.

contendo notícias do ponto de vista do designer sobre o desenvolvimento dos projetos dos automóveis. O *website* apresenta ainda revisões, galerias de fotos, competições e mostras de estudantes, fórum de discussão e anúncios de empregos, promovendo comunicação entre os designers (TOVEY et. al, 2010).

Portanto, acreditamos que o recente uso de ferramentas digitais no processo de concepção de design será mais uma ferramenta de criação incorporada ao repertório de habilidades requerido dos futuros designers. Provavelmente, o modelo final em *clay* ainda será construído por muito tempo, pois a visualização em uma tela de monitor ou *powerwall* ainda não substituiu a avaliação feita sobre um objeto físico e palpável.

Como vimos, o modelo em *clay* é construído de tal forma que deve ser rigorosamente semelhante na aparência à um veículo real. Atualmente, não há substituto digital para o resultado obtido com um modelo revestido de filme Di-noc, refletindo superfícies metalizadas à luz do sol. Ou, no caso de um modelo de interior, a percepção espacial proporcionada por um modelo físico que envolve o observador. Talvez em alguns anos a tecnologia digital ofereça representações que possam ativar todos os sentidos da percepção humana, mas no atual estágio, o modelo físico ainda é insubstituível.

Assim observamos que a principal conseqüência do uso das ferramentas digitais é a aceleração do processo de design de veículos. Provavelmente é a razão pela qual os designers mais jovens estão mais presentes em todas as fases do projeto hoje, do que em 1967, época em que Le Quément começou sua carreira, por exemplo. Le Quément (apud YARROW, 2009) afirma que atualmente há poucos designers na casa dos quarenta anos de idade e que admira Chris Bangle pela ousadia de seus projetos na BMW.

Em entrevista, Bangle afirma que os novos designers têm capacidade de inovação, entendendo o veículo de novas maneiras enquanto critica a sua própria geração de designers pela ligação profunda com a marca (*brand*) sob os quais trabalham. Sob esse aspecto, tornaram-se tímidos e só o que conseguem fazer é "regurgitar" o passado (apud BANKS, 2010).

A tecnologia digital avança rapidamente e o designer deve ser capaz de assimilar rapidamente esse desenvolvimento e incorporá-la ao seu repertório de habilidades.

Acreditamos que a nova geração de designers de automóveis é capaz de acompanhar essa evolução, além de trazer novas idéias que somadas à experiência das gerações anteriores resulta na eficiência demonstrada pelas atuais equipes de design.

# Glossário

**CAD**

(*Computer-Aided Design*) Sistemas e programas de computador para projetar modelos bi e tridimensionais de objetos físicos.

**CAE**

(*Computer-Aided Engineering*) Sistemas e programas de computador para apoiar diversas fases de projeto que envolvem análise e conceituação como por exemplo, cálculo estrutural.

**CAID**

O CAID (*Computer Aided Industrial Design*) é um software matemático voltado para criação e geração de superfícies complexas nas áreas de desenho industrial como o automobilístico, aeronáutica, embalagens, etc. Possuem ferramentas para o designer ou escultor digital que aceleram a execução de superfícies complexas. por meio destas ferramentas o Designer pode iniciar em um mesmo ambiente de trabalho um processo de criação com *sketches*, superfícies conceituais, superfícies CLASSE A (que são enviadas à Engenharia) e rendering, abrangendo todas as fases de criação.

**CAM**

(*Computer-Aided Manufacturing*) O processo de utilizar computadores especializados para controlar, monitorar e ajustar ferramentas e máquinas de produção industrial.

**CAS**

(*Computer Aided Styling*) Sistemas e programas de computador para a conceituação e elaboração de estilo do automóvel, especialmente as atividades dedicadas à visualizações fotorrealistas.

**CG**

A Computação Gráfica é a área da computação dedicada à geração de imagens na forma de representação de dados, informação ou o mundo real. Possui uma infinidade de aplicações para diversas áreas, desde a própria informática, ao produzir interfaces gráficas para software, sistemas operacionais e sites na Internet, quanto para produzir animações e jogos. A computação gráfica atende a necessidade humana da visualização dos dados criados ou armazenados em computador. Um dos aspectos mais importantes está no desenvolvimento dos dispositivos de interação humano-computador como monitores, tablets ou mouses.

***Clay***

É um material à base de ceras e outros componentes utilizado no design industrial para criação de modelos tridimensionais. Originalmente continha enxofre em sua composição, mas devido a problemas na execução de moldes à base de borracha de silicone, existem versões sem enxofre. No design automotivo é utilizado para dar o acabamento das superfícies de modelos tridimensionais. É maleável entre 45° e 60°C e sólido à temperatura ambiente. Não seca como argila e não pode ser queimado como cerâmica.

**CNC**

*Computer Numeric Control* ou Controle Numérico Computadorizado. Permite o controle de máquinas de usinagem complexa como fresadoras e tornos, associado a programas de CAD/CAM para obter grande precisão na fabricação de peças.

***Coachbuilder***

É o fabricante de carrocerias de automóveis e também refere-se ao construtor de veículos movidos a cavalo. A era de ouro dos *Coachbuilders* nos Estados Unidos durou cerca de 20 anos, tendo iniciado na época da Primeira Guerra Mundial, poucos sobreviveram além de 1933.

***Design freeze***

O *design freeze* é um marco que define o fim dos trabalhos de desenvolvimento do design para que se iniciem os trabalhos de engenharia.

**DI-NOC**

Filme auto-adesivo desenvolvido pela 3M para dar acabamento em superfícies. É utilizado nos modelos em *clay* do design automotivo para simular diversos tipos de acabamentos de veículos, como pintura, vidros, painéis etc. Existem outros fabricantes de filmes deste tipo mas utiliza-se a expressão "*dinoced model*" para se referir a um modelo em *clay* com acabamento em filme.

**DMU**

(*Digital Mockup*) É um conceito que permite a verificação de todo o ciclo de vida de um produto através de simulações em modelos 3D virtuais. Também é chamado de *Digital Prototyping* ou *Virtual Prototyping*. "*Digital Mockup* é a simulação de um produto, feita a partir da realidade virtual, contendo todas as funcionalidades do produto, capazes de suportar o seu desenvolvimento" (ROOKS, 1998).

**Modelo 3D**

Modelagem Numérica Tridimensional ou Modelo Digital é o processo de desenvolver uma representação matemática da superfície de objetos através de software especializado. O produto deste processo é comumente chamado de "Modelo 3D". Este modelo pode ser apresentado como imagem bidimensional através de um processo chamado de "3D *Rendering*", ou utilizado em simulações de fenômenos físicos (*virtual engineering* ou engenharia virtual). O modelo 3D também pode ser fisicamente criado através de técnicas de impressão 3D ou prototipagem rápida.

***Package***

Em design automotivo, *package* é o layout do veículo que abrange a arquitetura (sedã, hatch ou perua, por exemplo), capacidade de carga, seus componentes mecânicos como motor e

suspensão e o número de passageiros. Para o design, esses são os parâmetros que delimitam as dimensões e forma geral do veículo a ser projetado. É composto por uma série de desenhos, especificações ou modelos 3D em CAD. *Packaging* é a fase de definição destes parâmetros do *package*.

**Ponto H**

Ou HP, *H-Point (hip point)*. Refere-se à altura do ponto de inflexão do quadril (*hip*) do 50º percentil de um ocupante masculino. No design automotivo este ponto é importante pois define a posição de dirigir do veículo em relação ao piso do veículo.

***Powertrain***

Em um veículo motorizado é o grupo dos componentes que geram força e a transferem para a superfície, água ou ar. Inclui motor, transmissão, eixos, diferencial e rodas / hélice / esteira / etc.

***Powerwall***

É um painel de monitores de alta resolução utilizado para projeção de imagens geradas por computador.

***Rendering* (quando relativo a *sketch*)**

Quando um *sketch* é finalizado, transforma-se em rendering, que é a expressão definitiva do designer com luzes, cores, reflexos e sombras, com caráter de ilustração artística.

**SBM**

*Sketch Based Modeling* é um método de criar modelos 3D para aplicações de computação gráfica 3D por meio de interface gráfica simplificada que permite a conversão automática de desenhos 2D em superfícies 3D.

***Sketch***

São esboços em outras formas de projeto, mas no design automotivo são as ilustrações, tradicionalmente feitas à mão, para desenvolver e apresentar os conceitos do design de forma livre.

**Superfície Classe-A**

Ou superfície de máxima de qualidade, é um parâmetro industrial de modelamento matemático digital aplicável à modelagem externa de produtos. Essas superfícies são tidas como superfícies perfeitas, de continuidade chamada de G4.

# Referências

## Publicações

ASIMOV, M. **Introduction to Design**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1962.

AUTODESK. **AliasStudio 2008**. San Raphael, CA: Autodesk, Inc., 9 abr. 2007. 120 p.

BARNAS, David. **Driving in Style: The First 85 Years of GM Design**. Warren, Michigan: General Motors Design, 13 jun. 2012.

BAYLEY, Stephen. **Harley Earl and the Dream Machine**. New York: Alfred A. Knopf, Inc., 1983. 128 p.

BLACKWELL, Alan; RODDEN, Kerry. Preface to this Electronic Edition. *In*: SUTHERLAND, Ivan Edward. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**. Cambridge: University of Cambridge, 2003, p. 3-6.

BMW Group Corporate Communications. **Vision meets fascination. The design process at the BMW Group**. [Munique, Alemanha], jan. 2012. 7 p.

CASTANHEIRA, Danilo Balby Silva. **Geometria construtiva de sólidos combinada à representação b-rep**. Trabalho de Graduação. Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Ciência da Computação, 2003. 32 p.

CRUZ, Leandro Moraes Valle. **Um Sketch sobre Sketch-Based Modeling**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, fev. 2010.

DAMMANN, George H. **90 Years of Ford.** Crestline Pub Co., Sarasota, Florida, U.S.A., 1993. 187 p.

FELDMAN, H. D. **Control Data ICEM (Integrated Computer-Aided Engineering and Manufacturing) - A Vendor's IPAD - (Integrated Programs for Aerospace-Vehicle Design) - Like System**. Control Data Corp., Minneapolis, 1984.

FISHER Coach Works. **100-Years of Transportation Innovation**, Fisher Coach Works, 2008.

FORD, Henry. **Henry Ford: Por Ele Mesmo**. Sumaré, SP: Martin Claret, 1995. 183 p.

GENERAL MOTORS STYLING STAFF. **Styling. The Look of Things**. Detroit, Michigan: General Motors, 1955. 72 p.

GARTMAN, David. **Reification of Consumer Products: A General History Illustrated by the Case of the American Automobile**. Washington: American Sociological Association, 1986.

—. **Three Ages of the Automobile**. Thousand Oaks, California: SAGE, 2004.

—. **From Autos to Architecture**. New York: Princeton Architectural Press, 2009. 400 p.

GEORGANO, G. N. **Cars: Early and Vintage, 1886–1930**. Londres: Grange-Universal, 1985. 128 p.

HOHAUSER, Sanford. **Architectural and Interior Models**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1970

KEITH, Sward. **The Legend of Henry Ford**. New York: Atheneum, 1968. 550 p.

LARICA, Neville Jordan. **Design de Transportes: Arte em função da mobilidade**. Rio de Janeiro: 2AB / PUC-Rio, 2003. 216 p.

LAWSON, B. **How designers think**. London: Architectural Press, 1980.

LEWIN, Tony; BORROFF, Ryan. **How to: Design Cars Like a Pro**. Minneapolis: MBI Publishing Company, 2003. 204 p.

—. **How to: Design Cars Like a Pro New Edition**. Minneapolis: MBI Publishing Company, 2010. 208 p.

LUTZ, Robert A. **Car Guys vs. Bean Counters: The Battle for the Soul of American Business**. New York: Penguim, 2011. 241 p.

MACEY, Stuart; WARDLE, Goeff. **H-POINT, The Fundamentals of Car Design & Packaging**. Culver City, California: Art Center College of Design / Design Studio Press, 2009. 224 p.

MARTINEZ, Alfonso Corona. **Ensaio sobre o Projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. 198 p.

SIEMENS PLM Software. **Accelerating automotive design development**. White paper, Siemens: 2012.

SLOAN Jr., Alfred. Pritchard. **My Years With General Motors**. New York: Currency Book, 1963. 472 p.

SORDI, José Osvaldo de; VALDAMBRINI, Antoninho Cecilio. **Potencialidades dos Protótipos Virtuais (digital mock-up) no Ciclo de Desenvolvimento de Produtos: Análise de sua Aplicação na Volkswagen do Brasil**. XXIV Simpósio de Gestão de Inovação Tecnológica. Gramado, RS: 17-20 out. 2006.

SUTHERLAND, Ivan Edward. **SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System**. Massachusetts, 1963. Tese (Doutorado) Massachusetts Institute of Technology.

_. **Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System**. Technical Report no. 574. Prefácio de Alan Blackwell e Kerry Rodden. Cambridge, UK, set. 2003.

YAMADA, Yasusato. **CLAY MODELING: Techniques for giving three dimensional form to idea**. Tokyo: San'ei Shobo, 1993. 147 p.

WATT, Alan. **3D Computer Graphics**. 3rd ed. Harlow, Essex, England: Addison-Wesley Publishing, 1989.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

## Artigo em periódico

BÉZIER, Pierre E. **Example of an Existing System in the Motor Industry: The Unisurf System**. Mathematical and Physical Sciences, A Discussion on Computer Aids in Mechanical Engineering Design and Manufacture, Londres, v. 321, n. 1545, pp. 207-218, Feb. 1971.

—. **A view of CAD/CAM**. Notas para a conferência "Survival and growth of the engineering industries through integration of CAD/CAM technology". IPC Business Press: Cannes, 1981.

—. **UNISURF, from Styling to Tool-Shop**. Computers in Industry, Amsterdam, v. 4, n. 2, pp. 115-126, Jun. 1983.

BILDA, Zafer; GERO, John S.; PURCELL, Terry. **To sketch or not to sketch? That is the question**. Design Studies, Amsterdam, v. 27, n. 5, pp. 587-613, Sep. 2006.

BOOR, Carl-Wilhelm Reinhold de. **Bicubic spline interpolation**. Journal of Mathematics and Physics, Maryland, v. 41, n. 4, pp. 212- 218, 1962.

CLARKE, Sally. **Managing Design: The Art and Colour Section at General Motors, 1927-1941**. Journal of Design History, Design, Commercial Expansion and Business History, Oxford, v. 12, n. 1, pp. 65-79, 1999.

COONS, Steven. **An Outline of the Requirements for a Computer-Aided Design System**. AFIPS, SJCC 23, New York, pp. 299-304, Mai. 1963.

FERGUSON, James. **Multivariable Curve Interpolation**. Journal of the ACM, Seattle, v. 11, 2nd, Apr. 1964.

GARTMAN, David. **Harley Earl and the Art and Color Section: The Birth of Styling at General Motors**. Design Issues, V. 10, n. 2. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.

JOORMANN, Otto; TEUNIS, Geert. **The Application of CAD/CAM Systems at Volkswagen** *in* Computer Graphics in the Automotive Industry. Computer & Graphics, Oxford, v. 10, n. 4, pp. 317-325, 1986.

KARA, Levent Burak; D'ERAMO, Chris M.; SHIMADA, Kenji. **Pen-based Styling Design of 3D Geometry Using Concept Sketches and Template Models**. Cardiff: Association for Computing Machinery, 2006.

—.; SHIMADA, Kenji; MARMALEFSKY, Sarah D. **An evaluation of user experience with a sketch-based 3D modeling system**. Computer & Graphics 31, pp. 580-597. Carnegie Mellon University, Pittsburgh: Science Direct, 2007

KÓKAI, István; FINGER, Jörg; SMITH, Randall C.; PAWLICKI, Richard; VETTER, Thomas. **Example-Based Conceptual Styling Framework for Automotive Shapes**. Workshop on *Sketch*-Based Interfaces and Modeling. Genebra, Suíça: EUROGRAPHICS, 2007

LAMM, Michael**. The Beginning of Modern Auto Design**. The Journal of Decorative and Propaganda Arts, Transportation Theme Issue, Miami, v. 15, pp. 60-77, 1990.

_. The Coachbuilders. **An Exclusive Series for Special Interest Autos**, Part XII. Special Interest Autos Magazine 167, pp. 18-19, Sep./Oct. 1998.

OHARA, Masashi; HIGASHI, Masatake. **Integration of CAD/CAM Systems in Automotive Body Engineering**. Computer & Graphics, v. 7. n. 3-4, pp. 307-314. Elsevier, 1983.

PIEGL, Les A. **Ten challenges in computer-aided design**. Computer-Aided Design 37, Amsterdam, v. 4, pp. 461–470, 2005.

TEDLOW, Richard S. **The Struggle for Dominance in the Automobile Market: The Early Years of Ford and General Motors**. Business and Economic History, Wilmington, 2.ser., v. 17, pp. 49-62, 1988.

TIAN, Chao; MASRY, Mark; LIPSON, Hod. **Physical sketching: Reconstruction and analysis of 3D objects from freehand *sketches***. Computer-Aided Design 41, n.3, pp. 147-158. Elsevier, Mar. 2009.

TOVEY, Michael. **Intuitive and objective processes in automotive design**. Design Studies, v. 13 n. 1, pp. 23-41, Jan. 1992.

—. **Sketching and direct CAD modelling in automotive design**. Design Studies, v. 21, n. 6, pp. 569-588, Nov. 2000.

—; PORTER, Sarah V.; NEWMAN, Robert M. **Sketching, concept development and automotive design**. Design Studies, Elsevier, Great Britain, v.24, n.2, pp. 135-153, 2003.

VAN DIJK CASPER, G. C. **New insights in computer-aided concept design**. Design Studies 16 v.1, pp. 62–80, Jan. 1995.

WILSON, David. **The Lost Legacy of Harley Earl**. ValueRich Magazine, Florida, ValueRich, 2007.

WYVILL, B; FOSTER, K; JEPP, P.; SCHMIDT, R.; SOUSA, M. C.; JORGE, J. A. **Sketch Based Construction and Rendering of Implicit Models**. Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging, L. Neumann, M. Sbert, B. Gooch, W. Purgathofer, 2005.

## Artigo em periódico de meio eletrônico

AUTOMOBILE in American Life and Society. **William L. Mitchell Biography**. 2004. Disponível em: <http://www.autolife.umd.umich.edu/Design/Mitchell/Mitchell.htm>. Acesso em: 15 dez. 2012.

BANKS, Nargess Shahmanesh. **Interview: Chris Bangle, CEO Chris Bangle Associates**. Car Design News, 14 abr. 2010. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/designers/designer_interviews/display/store4/item191981/>. Acesso em: 15 mai. 2010.

BOISSE, Pascal. **Design Development: 2010 Ford Taurus**. Car Design News, 23 mar. 2009. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/home/design_development/display/store4/item156902/>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BRY, Nicolas. **When Drawing is Thinking by Patrick Le Quément, Renault Design creator**. Innovation Excellence, 12 ago. 2012. Disponível em: <http://www.innovationexcellence.com/blog/2012/08/12/when-drawing-is-thinking-by-patrick-le-quement-renault-design-creator/>. Acesso em: 10 dez. 2012.

CADAZZ. **CAD Software - History of CAD CAM**. Cadazz, 2004. Disponível em: <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>. Acesso em 05 set. 2011.

CASE Study: **VW Scans Clay Models with Lasers**. Quality Magazine, 1 mar. 2004. Disponível em: <http://www.qualitymag.com/articles/83621-case-study-vw-scans-*clay*-models-with-lasers>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CBR, Computer Business Review. **INTERGRAPH JOINS THE CONTROL DATA-VOLKSWAGEN ICEM SYSTEMS GmbH PARTY**. Computer Business Review, 16 jul. 1992. Disponível em: <http://www.cbronline.com/news/intergraph_joins_the_control_data_volkswagen_icem_systems_gmbh_party>. Acesso em: 12 dez. 2012.

CLARK, Andrew. **Ford set to offload Volvo to Chinese carmaker Zhejiang Geely**. The Guardian, Londres. 28 out. 2009. Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/business/2009/oct/28/volvo-ford-geely-china-car> Acesso em: 10 nov. 2011.

COLBORNE, Guy. **Digital Design**. Car Design News, 18 abr. 2007. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/process/design_essays/display/store4/item71673/>. Acesso em: 10 nov. 2011.

**DESIGNER Interviews: Anne Asensio, Executive Director of Advanced Design, GM**. Car Design News, 31 mai. 2006. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/designers/designer_interviews/display/store4/item26759/>. Acesso em: 10 dez. 2012.

EARL, Richard. **Designing Women**. Car of the Century, 2006. Disponível em: <http://carofthecentury.com/designing_women.htm>. Acesso em: 21 mar. 2011.

EDSALL, Larry. **A shaky start: The 'pregnant' Buick**. Automotive News, 14 set. 2008. Disponível em: < http://www.autonews.com/article/20080914/OEM02/309149957> Acesso em: 12 ago. 2010.

FORD MOTOR COMPANY. **Digital Tools Expedite Development of 2010 Ford Taurus, Saving Time, Money; Enhancing Creativity**. MEDIA.FORD.COM, Dearborn, Michigan, 26 ago. 2009. Disponível em: <http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=30866>. Acesso em: 12 dez. 2010.

**FRANKLIN Q. Hershey 1907-1997**. Coachbuilt.com: [2012] Disponível em: <http://www.coachbuilt.com/des/h/hershey/hershey.htm>. Acesso em: 02 nov. 2012.

FRANSEN, Charlotte. **ICEM TECHNOLOGIES ANNOUNCES NEW CAD TOOLS FOR INTEL-BASED PLATFORMS AND WINDOWS**. Control Data Systems, Arden Hills, Minnesota, 22 mar. 1994. Disponível em: <http://www.thefreelibrary.com/ICEM+TECHNOLOGIES+ANNOUNCES+NEW+CAD+TOOLS+FOR+INTEL-BASED+PLATFORMS...-a014923086>. Acesso em: 12 mar. 2012.

GALLINA, Eric. **Chris Bangle shares his views on design and the future of car design**. Vídeos de entrevista com Chris Bangle, publicados em 26/10/2011. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/home/new_cars/display/store4/item244209/>. Acesso em: 27 out. 2011.

—. **Interview: Patrick le Quement - Life after Renault**. Car Design News, 5 ago. 2010. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/designers/designer_interviews/display/store4/item168821/> ISSN 1546-3117. Acesso em: 14 dez. 2010.

GARTMAN, David. **Tough Guys and Pretty Boys: The Cultural Antagonisms of Engineering and Aesthetics in Automotive History**. Automobile in American Life and Society, 2004. Disponível em: <http://www.autolife.umd.umich.edu/Design/Gartman/D_Casestudy/D_Casestudy1.htm >. Acesso em: 14 dez. 2010.

**GENERATIONS of GM History. Earl, Harley J.** General Motors Heritage Center: [2012]. Disponível em: <http://history.gmheritagecenter.com/wiki/index.php/Earl,_Harley_J.>. Acesso em: 12 mar. 2012.

**GENERATIONS of GM History. Irvin Rybicki.** General Motors Heritage Center: [2012]. Disponível em: <http://history.gmheritagecenter.com/wiki/index.php/Rybicki,_Irvin_W.>. Acesso em: 12 mar. 2012.

HALPERT, Julie. **Virtual Realities**. Automotive News, 17 set. 2012. Disponível em: <http://www.autonews.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20120917/RETAIL03/309179979/virtual-realities>. Acesso em: 28 dez. 2012.

HULL, Nick. **Starting Out: How to become a car designer**. 25 set. 2006 Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/careers/starting_out/display/store4/item50380/>. Acesso em: 10 ago. 2009.

**LASER Scanner Speeds Surface Modeling at DaimlerChrysler**. CAD Digest, Computer Hardware, [2012]. Disponível em: <http://www.caddigest.com/subjects/hardware/select/daimlerchrysler_laser.htm>. Acesso em: 10 dez. 2012.

LIVINGSTONE, Sam. **Patrick le Quement, Senior Vice President, Corporate Design, Renault**. Car Design News, 22 jul. 2005. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/designers/designer_interviews/display/store4/item4737/>. Acesso em: 13 nov. 2011.

—. **Design Development: Renault Megane**. Car Design News, 28 nov. 2008. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/home/design_development/display/store4/item141217/>. Acesso em: 10 nov. 2011.

—. **Chris Bangle: Hero of Modern Car Design**. Car Design News, 27 fev. 2009. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/process/design_essays/display/store4/item152778/>. Acesso em: 10 nov. 2011.

MALIK, Imran. **The legendary Chuck Jordan**. Wheels magazine, 29 nov. 2012. Disponível em: <http://gulfnews.com/life-style/motoring/features/the-legendary-chuck-jordan-1.1111815>. Acesso em: 10 dez. 2012.

MCCOSH, Dan. **DRIVING; Most Cars Are Born As Models of Clay**. The New York Times, 07 mar. 2003. Disponível em: < http://www.nytimes.com/2003/03/07/travel/driving-most-cars-are-born-as-models-of-*clay*.html>. Acesso em: 05 nov. 2012.

MELO, João P. C. **Entrevista com o Designer Antonio Carlos Corbacho**. Disponível em: <http://www.autodiario.com.br/conteudo/alias-autostudio>. Acesso: em 07 mar. 2012.

MOTOR Trend. Interview: **Chuck Jordan, GM's Chief Designer**. Motor Trend Classic, ed. jan. 2006. Disponível em: <http://www.motortrend.com/classic/c12_0601_chuck_jordan_interview/viewall.html> Acesso em: 01 jan. 2012.

NICOLSON, Michelle. **From Ether to Clay with Ease**. Cadalyst, 9 abr. 2007. Disponível em: <http://www.cadalyst.com/early-design/industrial-design/from-ether-*clay*-with-ease-6067>. Acesso em: 20 dez. 2012.

NISSAN Design. **Welcome to the World of Clay Modelers**. NISSAN Design Newsletter vol.2, [28 out. 2008]. Disponível em: <http://www.nissan-global.com/EN/DESIGN/NEWSLETTER/vol02.pdf> Acesso em: 28 dez. 2012.

—. **The Unique History of Nissan Design**. NISSAN Design Newsletter vol.11, [25 mar. 2010]. Disponível em: <http://www.nissan-global.com/EN/DESIGN/NEWSLETTER/vol11.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2012.

ROWE, Jeffrey. **A Class A Acquisition: Dassault and ICEM**. MCADCafé, Internet Business Systems, Campbell, CA, 2007. Disponível em: <http://www10.mcadcafe.com/nbc/articles/view_article.php?articleid=386350>. Acesso em: 02 dez. 2012.

SEY, Euan. **Design Development: Volvo S60**. Car Design News, 17 mai. 2010. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/home/design_development/display/store4/item195386/>. Acesso em: 10 nov. 2011.

SMITH, Drew. **Chris Bangle: The future of auto design; the purpose of life**. Car Design News, 6 jul. 2010. Disponível em: <http://www.cardesignnews.com/site/designers/designer_interviews/display/store4/item197987/> ISSN 1546-3117. Acesso em: 15 dez. 2010.

STACKPOLE, Beth. **BMW Puts CATIA in the Driver's Seat**. DesignNews, 18 mar. 2009. Disponível em: <http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=228270&dfpPParams=ind_182,industry_auto,aid_228270&dfpLayout=article> Acesso em: 10 dez. 2012.

STEIN, Jonathan A. **Clay modelers survive into the digital age**. Automotive News, 4 jun. 2001. Disponível em: <http://www.chavant.com/new_site/files/pdf/chavant_news13.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2012.

VAUGHAN, Daniel. **1927 LaSalle Model 303 news, pictures, and information**. ConceptCarZ, abr. 2007. Disponível em: <http://www.conceptcarz.com/vehicle/z13035/LaSalle-Model-303.aspx>. Acesso em: 12 fev. 2013.

WEISBERG, David E. **The First Commercial CAD System**. 2006. Disponível em: <http://www.cloud-invent.com/CAD-History/06_First_Commercial_CAD_System.pdf> Acesso em: 12 jan. 2013.

WAURZYNIAK, Patrick. **Entrevista com Patrick J. Hanratty**, Manufacturing Engineering, vol. 145, no. 1, Society of Manufacturing Engineers, Michigan, jul.2010. Disponível em: <http://sme.org/cgi-bin/find-articles.pl?&ME10ART25&ME&20100701&&SME&> Acesso em: 02 set. 2011.

# Referências de palestras, conferências, anotações de aula e outras atividades não publicadas

BERNARD, Frances. **A Short Story of CATIA & Dassault Systemes**. Dassault Systèmes. [USA]: Mai. 2003.

DIAS, Altamir. **REPRESENTAÇÃO DE SUPERFÍCIES.** Material de aula da disciplina EMC5301 Introdução ao Projeto e Manufatura assistido por Computador. UFSC: 17 abr. 2001.

EARL, Harley. **The Story of GM Styling**. General Motors Design Staff Historic Files: General Motors Technical Center, Design Library, Warren, Michigan: 25 abr. 1956.

MAHEUT, Pierre; MELKONIAN, Xavier. **A new 3D sketching technology with CATIA for Creative Designers Webminar**. Car Design News, 25 nov. 2011.

TOVEY, Michael; BULL, Karen; OSMOND, Jane. **Developing a Pedagogic Framework for Product and Automotive Design**. Design & Research Society, Conference Proceedings. Montreal, jul. 2010.

# Anexos

## Press-release sobre os 85 anos do departamento de design da General Motors

Publicado por David Barnas (BARNAS, 2012), do GM Design Communications em 13 jun. 2012. Traduzido por nós a partir do original em inglês em 22 dez. 2012.

**Driving in Style: The First 85 Years of GM Design**

**Junho de 1927**

GM Executive Committee cria o *Art and Colour Section*. O estúdio foi estabelecido no prédio GM na East Grand Boulevard em Detroit, sob direção de Harley Earl. É o primeiro estúdio de design entre as grandes montadoras de automóveis.

Desde o inicio das atividades do *Art and Colour Section*, Earl utiliza-se de modelos em *clay* para dar forma às suas idéias.

A primeira atividade do *Art and Colour Section* foi de aplicar cores às carrocerias desenhadas pela divisão Fisher Body.

**Anos 1930**

As primeiras tentativas de Earl para criar novos designs foram problemáticas. Para apoiar os designers, a equipe passou a contar com engenheiros. Muitos dos integrantes do *Art and Colour Section* ao saírem da GM passam a integrar postos significantes em outras empresas automobilísticas.

Abertura dos estúdios internacionais na Opel (Alemanha), Vauxhall (Grã-Bretanha) e Holden (Austrália).

Toda a linha GM passa a utilizar cores nos veículos produzidos em série.

O Cadillac Madame X V-16s 1930 incorpora o melhor do estilo dos carros personalizados e exclusivos à linha de produção e estabelece a GM como um dos players no mercado de carros luxuosos.

O Cadillac V-16 Aero Coupe de 1933 é apresentado na Feira Mundial de Chicago, com proposta de novo teto rígido construído em metal. Este modelo influenciou a indústria de aço no desenvolvimento de laminadoras de aço mais largas para a fabricação de chapas maiores, necessárias para esses novos carros.

A GM inova ao introduzir o conceito de "*advanced design*", em uma divisão dedicada à exploração de futuras possibilidades de design por meio de tecnologias de engenharia em desenvolvimento.

O *Art and Colour* domina uma nova área do design industrial, criando produtos em áreas como as locomotivas com motores a diesel da GM *Electromotive Division*; A Mostra *Futurama Exhibit* na Feira Mundial de 1939 em parceira com Norman Bel Geddes; a *Parade of Progress*, uma mostra itinerante que apresenta a história da GM pelos Estados Unidos; utilidades domésticas com uma linha

abrangente de ventiladores, rádios etc. pela *Delco Products Division*; e ônibus na linha de veículos comerciais.

Os primeiros automóveis com teto em aço, os GM *Turret Tops*, começam a ser fabricados em série.

O *Art and Colour Section* é renomeado "*General Motors Styling Section*" em 1937. O estúdio passa a ocupar os quatro andares superiores do prédio GM *Research Building* localizado na Milwaukee *Avenue*, atrás do prédio principal da GM. Earl organiza estúdios fechados e exclusivos para cada divisão de veículos – Chevrolet, Pontiac, Oldsmobile, Buick, Cadillac, *Truck and Coach* e diversos outros estúdios para o design avançado. O estúdio fechado para cada marca é copiado por todas empresas automotivas.

O Buick Y-Job – considerado como o primeiro *concept car* – é apresentado em 1938. Seu perfil baixo e longilíneo influencia o design dos automóveis por muitos anos. Também introduziu vidros elétricos, maçanetas embutidas teto conversível elétrico e a eliminação dos estribos das portas.

O Cadillac 60 Special de 1938 é apresentado e reconhecido como até hoje como um dos melhores designs de automóvel.

**Anos 1940**

Harley Earl é nomeado vice presidente em 1940, indicando o conselho de design como parte importante no gerenciamento da companhia. Nenhuma outra empresa da época elevou o design tão alto nos níveis de gerenciamento.

Com o início da Segunda Guerra Mundial, a produção de automóveis civis é congelada nos Estados Unidos. O *Styling Section* torna-se o *Camouflage and War Service Section*, responsável pelo desenvolvimento de padrões de camuflagem dos veículos militares.

A GM é a primeira empresa automotiva a contratar mulheres como designers.

A primeira utilização de vidros curvos foi no vidro traseiro dos modelos da Cadillac, Buick e Oldsmobile, em conjunto com a traseira em "*fast back*" criam o efeito *streamline*. Cadillac e Oldsmobile criam o "*full envelope body*" enfatizado pelos para-lamas traseiros.

A Cadillac lança o primeiro uso de "caudas" na traseira, o rabo-de-peixe e grades dianteiras em grelha (*egg-crate*). Buick lança as tomadas de ar (*portholes*) e as faixas laterais cromadas chamadas de "*sweepspears*".

A GM apresenta o trem-conceito pela sua *ElectroMotive Division*, chamado de "Trem do Futuro" (*Train of Tomorrow*).

Alfred Sloan decide criar um centro técnico para abrigar o GM *Research Laboratories*, com as equipes de *Styling*, Engenharia e Manufatura. Harley Earl convence a GM que um design especial seria necessário para a nova edificação e contrata o arquiteto renomado Eero Saarinen. A construção inicia em 1949. O General Motors *Technical Center* em Warren, Michigan, o primeiro deste tipo no mundo, ganha reconhecimento como exemplo da arquitetura dos meados do século XX, conhecido como *International Style*.

A GM permite a Earl criar seu próprio estúdio de design independente para oferecer aos seus designers um panorama de trabalho mais amplo, com projetos fora do mundo automobilístico.

Sob a direção do *chief designer* da Cadillac, William Mitchell, os rabos-de-peixe surgem no Cadillac 1948. Inspirado pelo caça P-38 de fuselagem dupla, utilizado na Segunda Guerra Mundial, os rabos-de-

peixe dominam o estilo dos automóveis por uma década. Earl havia levado seus designers para uma base aérea para verem de perto o P-38 Lockheed Lightning.

Em 1949, o GM Styling apresenta os primeiros *hardtops*, de cobertura rígida. O design, introduzido nos modelos Buick, Cadillac e Oldsmobile, eliminava o pilar B que antes suportava o teto.

**Anos 1950**

O conceito LeSabre 1951 é apresentado. Inspirado no caça a jato F-86 Sabre e provavelmente o *dream car* mais influente de Earl, o LeSabre apresentava capota automática que fechava com as primeiras gotas de chuva, assentos aquecidos, maçanetas e comandos iluminados, antena elétrica, e o primeiro para brisas envolvente. O conceito influencia o design dos carros por décadas.

Sloan pretendia expandir o papel dos carros conceito (*dream cars*) para inspirar os consumidores e criou em 1953 o *Motorama* apresentado no Waldorf Astoria de Nova Iorque, a primeira de um tour de seis cidades. O GM *Styling* cria o *look and feel* destes shows.

O *Motorama* 1953 apresenta o Buick Skylark, o Chevrolet Corvette e o Cadillac Eldorado, posteriormente clássicos do design americano. Outros clássicos apresentados nos shows dos anos 1950 foram o Chevrolet Bel Air e Bel Air Nomad de 1957, e o Cadillac Eldorado 1959.

O GM *Styling* apresenta os conceitos Firebird I (1952), II (1956) e III (1958) apoiando o programa de motores a turbina do GM *Research*. Os designs são inspirados pela fascinação da era do jato.

Dominância no design industrial continua com a "*Kitchen of Tomorrow*", cozinha do futuro e com o Aerotrain feito todo em alumínio a partir de carrocerias de ônibus da GMC reduzindo o peso dos equipamentos para a Euclid Division.

A equipe de *Styling* muda-se completamente para o *Technical Center* em 1955. O *Technical Center* é formalmente comissionado em maio de 1956 perante um público de cinco mil pessoas e transmitido em rede nacional pela televisão, com Walter Cronkite da rede de TV CBS como mestre de cerimônia. O Presidente Dwight D. Eisenhower dirige-se à população pelo rádio.

Earl aposenta compulsoriamente em 1958, e é sucedido por William Mitchell como vice-presidente do departamento de *Styling*.

**Anos 1960**

Mitchell continua o estilo de seu predecessor para automóveis longos, largos e baixos. Entretanto ele incorpora cantos afiados e ângulos agudos nos paralamas e tetos, inspirado em seus próprios padrões estéticos. Mitchell era conhecido por dizer "Nenhuma calça tem boa aparência sem vincos; tem que ter vincos para acentuar a forma." ("*Trousers don't look any damn good without a crease in them; you've got to have an edge to accentuate form.*")

Um dos primeiros projetos de Mitchell foi a aquisição de um chassi de competição aposentado da GM. Ele reconstruiu-o com uma carroceria que chamou de "*Stingray*." O carro de corrida inspirou o design do Corvette Stingray 1963. Seus Corvettes experimentais, o Mako Shark de 1963 e o Manta Ray de 1969, capturam sua paixão por cantos vivos.

Mitchell organiza atividades coordenadas de design, onde cada equipe de design é encarregada realizar diferentes propostas para uma carroceria compartilhada entre Buick, Oldsmobile, Pontiac e Chevrolet, competindo umas com as outras e com outros estúdios no desenvolvimento de temas que seriam desenvolvidos nos programas das divisões.

Outro marco do design de Mitchell, o Buick Riviera 1963, é apresentado.

Em meados dos anos 1960, o GM Styling conta com quase mil e seiscentos funcionários, incluindo engenheiros automotivos, engenheiros industriais, engenheiros mecânicos, escultores, desenhistas, modeladores e especialistas em *color & trim*. É o maior estúdio da indústria automotiva.

A era Mitchell enxerga o uso pioneiro de novas técnicas de design como o uso de *black tape*, uma fita plástica preta adesiva para ilustrar desenhos em escala real, ganhando flexibilidade e rapidez em modificações de propostas.

Os anos 1960 se tornam a era dos *Muscle Car* e dos motores V-8 de bloco pequeno. os veículos GM como o Pontiac GTO 1964, o Pontiac Firebird 1967, o Chevrolet Camaro 1967 e o Corvette 1968, dominam a Woodward *Avenue* na *Motor City*.

**Anos 1970**

O GM Styling é renomeado "*GM Design Staff*" em 1972 para refletir a necessidade de criar o automóvel conceituando-o como um produto integral, e não apenas o estilo das superfícies.

A Engenharia de Fatores Humanos, *Human factors engineering*, torna-se parte do processo de design do veículo. A informação coletada de usuários é utilizada para o design de para brisas, janelas traseiras, painel de instrumentos e outras partes do automóvel.

Por volta de 1974, os designers passaram a utilizar CAD (*Computer-Aided Design*) para criar ilustrações.

Nos anos 1970, mudanças revolucionárias, incluindo embargo do petróleo, acabam com a era dos *muscle cars*. Consumidores conscientes buscam carros menores, com maior eficiência no consumo de combustível. As empresas de carros americanos fazem reengenharia em seus veículos para ficarem menores, mais leves e mais econômicos.

Irvin Rybicki se torna o terceiro vice presidente de design após a aposentadoria de Mitchell em 1977. Ele coordena o movimento de redução maciça, *downsizing*, que envolve recriar praticamente toda a linha da GM em 1985.

**Anos 1980**

Para melhorar o design do interior dos veículos, a ciência da ergonomia passa a ter grande importância. A ergonomia garante que os itens são projetados para melhorar acessibilidade, visibilidade e compreensão.

Rybicki lidera a introdução do chassi "X", um veículo de nova geração, com o primeiro e inovador motor transversal. Os veículos construídos incluíam o Chevrolet Citation, Pontiac Phoenix, Oldsmobile Omega e Buick Skylark de 1980.

Rybicki também preconiza a criação dos carros com o chassi "J" que inclui o Chevrolet Cavalier. Também traz sua experiência para Chevrolet por meio de designs notáveis como o Chevrolet Camaro 1982, o Chevrolet Corvette 1984, o Beretta 1987 e o Corsica 1987.

O design dos veículos passa a ser menos importante na medida em que o consumidor passa a valorizar a segurança, padrões de emissão de poluentes e economia de combustível.

Charles Jordan sucede Rybicki em 1986 como o quarto vice presidente de Design.

Para evidenciar a GM na posição de alta tecnologia e de pensamento avançado, a exposição *Teamwork and Technology Exhibit* é inaugurada em 1987 no Waldorf Astoria de Nova Iorque.

Jordan cria um "estúdio do futuro" para explorar as capacidades do design matemático. O software Alias é utilizado para criar, pela primeira vez, modelos 3D em computador que são utilizados para criar modelos em *clay* de escala reduzida e real.

A equipe de design compreende 36 estúdios divididos em sete departamentos: CPC (Chevrolet/Pontiac/Canada/Saturn), BOC (Buick/Oldsmobile/Cadillac), caminhões, design avançado, conceitos avançados, cores e materiais e coordenação internacional.

O conceito Oldsmobile Aerotech é apresentado em 1987, assim como o Buick Reatta 1988, cupê para dois passageiros com tração dianteira.

**Anos 1990**

São apresentados os Cadillac Seville 1992, Pontiac Bonneville 1992, Chevrolet S-10 Pickup e Blazer 1994, o Buick Riviera 1995 e o Oldsmobile Aurora 1995.

Wayne Cherry se torna o quinto vice presidente de Design em 1992. Sua experiência internacional em design e gerenciamento reconfigura o Design Center. Cherry trabalhou anteriormente como diretor de design na Vauxhall/Bedford e na Opel.

Cherry reorganiza o GM Design, de estúdios de exterior, interior e avançado para oito centros de marca (*brand*) cada uma com sua própria identidade e aparência corporativa.

O design digital e as ferramentas de controle numérico assumem um grande papel no processo de design. Dois centros de realidade virtual permitem a avaliação do design em modelos matemáticos 3D.

O Design Center emprega o maior número de estações de trabalho em computador da indústria automobilística. São designers, modeladores e engenheiros especializados no uso de ferramentas digitais. A animação por computador permite a visualização de modelos conceituais rodando em ambientes realistas. Máquinas de usinagem em *clay* são instaladas em quase todas estações de modelamento.

Cherry propões mostrar um portfólio de novos produtos-conceito em grandes salões do automóvel anualmente. Os conceitos de 1999, Chevrolet Nomad, Cadillac Evoq e Buick Cielo, desenvolvidos sob a tutela de Cherry são apresentados no *North American International Auto Show* de 1999. O Evoq é nomeado "*Best in Show*."

**Anos 2000 a 2009**

Na cidade natal de Harley Earl, o North Hollywood Advanced Design Center da GM abre suas portas em janeiro de 2000 em uma antiga padaria, tradicional marco da região. Uma no depois, no *Los Angeles Auto Show*, o estúdio apresenta seu primeiro conceito, o Chevrolet Borrego.

O conceito *hot rod* Chevrolet SSR, é apresentado no *North American International Auto Show* (NAIAS) de 2000, resume a visão de Cherry para o desenvolvimento de um veículo contemporâneo, de alta performance com base na popularidade e conceito da marca Chevrolet dos anos 1950.

Robert Lutz integra-se à GM para se tornar vice *chairman* de desenvolvimento de produtos. Lutz pretende dar apoio ao papel e influência do Design no processo de desenvolvimento de veículos.

O GM Design redefine o automóvel com o "AUTOnomy", o primeiro veículo projetado completamente em torno de um sistema de células de combustível e tecnologia *by-wire*. O conceito é apresentado no *North American International Auto Show* de 2002, junto com os conceitos Pontiac Solstice e o Cadillac Cien.

A GM apresenta o "*Concept to Reality*" no *North American International Auto Show* 2002 com o início da produção de três modelos conceito: o Chevy SSR, o Cadillac XLR e o HUMMER H2. O SSR foi projetado por Ed Welburn, que sucederia Cherry um ano depois.

A liderança de Cherry e seu envolvimento pessoal estabeleceram novos padrões para a Cadillac, personificado no Cadillac Escalade 2001, no Escalade EXT 2002, no CTS 2003, no XLR 2004 e no SRX 2004, este último nomeado pela *Car and Driver* como um dos cinco melhores SUV em 2004, 2005 e 2006.

O GM Design se reestrutura para um sistema baseado em arquitetura, liderado por cinco diretores executivos que reportam diretamente ao vice presidente de Design da GM. Os cinco diretores devem buscar qualidade e definição da marca, arquitetura monocoque e *body-on-frame*, engenharia veicular e design de veículos avançados.

De 1999 a 2003, a GM se apresenta mais em mais de 35 auto shows pelo mundo, a maioria no *North American International Auto Show* de Detroit. O conceito Cadillac Sixteen, uma interpretação moderna de tudo que a Cadillac estabeleceu como padrão mundial, é apresentado no NAIAS 2003. Os designers da GM trouxeram extensivamente as tradições do coach building no Cadillac Sixteen, empregando os talentos de artesãos em tapeçaria, instrumentos, elementos de madeira e metal e em painéis de alumínio.

Em 2003, Edward T. Welburn torna-se o sexto vice presidente de Design da North America GM.

Com os mercados norteamericanos europeu amadurecendo, as vendas crescem em mercados emergentes como China e Sudeste Asiático, oriente Médio e América do Sul, acelerando a necessidade de expandir as capacidades de design globais.

Welburn é nomeado vice presidente da GM Global Design em 2005, o primeiro executivo a ter responsabilidades globais. Sua visão é alinhar as atividades de design ao redor de centros de excelência: pickups e SUVs nos Estados Unidos, carroe médios na Europa, tração traseira na Austrália, e veículos pequenos na Europe e Coréia do Sul.

O Holden Efijy, um grande *hot rod* que reencarna o mais famoso automóvel da Austrália, o Holden FJ é apresentado no *Australian International Motor Show* em outubro de 2005. O cupê sem colunas dispõe de subchassi do Corvette, motor V-8, e tecnologia de ponta.

O Chevrolet Camaro vence o prêmio *Eyes On Design* 2006 pela implementação do conceito (*Concept Implementation*).

O conceito Chevrolet Volt é apresentado no NAIAS 2007. Um carro elétrico com autonomia aumentada, que melhora a "ansiedade de alcance" associados com os primeiros carros elétricos e gera uma avalanche de cobertura da mídia global.

O novo e redesenhado Chevrolet Silverado é nomeado o "*North American Truck of the Year*" de 2007.

O Cadillac CTS vence o prêmio "*Concept Implementation*" do EyesOn Design de 2008.

O conceito Buick Riviera é apresentado no *Shanghai Auto Show* de 2007, mostrando a visão global da marca para sua próxima geração de carros de luxo médios.

No New York Auto Show 2007, um trio de carros conceito pequenos, (os *Chevrolet Triplets*) são apresentados para a Coréia do Sul com os nomes de Beat, Traxx e Groove. O Beat prossegue e serve de inspiração para a produção do Chevrolet Spark.

No ano do centenário da GM, o início de um revival do design da GM produz três marcos: o Chevrolet Malibu 2008, que reestabelece a Chevrolet no segmento de sedãs médios; o Buick Enclave 2008, que promove o renascimento de toda linha Buick; e a segunda geração do Cadillac CTS, o primeiro GM a obter o prêmio de carro do ano da revista *Motor Trend* desde 1998. Os Cadillac CTS-V e CTS Coupe Concept 2009 vencem os prêmios do EyesOn Design "Best Production Car" e "Best Concept", respectivamente.

A Chevrolet apresenta o cupê GPiX Crossover no Salão do Automóvel de São Paulo em outubro de 2008.

O conceito Cadillac Converj, apresentado no NAIAS 2009, vence o prêmio do EyesOn Design como "*Best Concept*," o prêmio da revista *AutoWeek* "*Best Concept*" e o *Detroit News'Readers' Choice,* todos de melhor conceito do ano.

Em 2009, a GM é um dos fabricantes americanos que entram em falência como resultado da crise econômica mundial de 2008. A GM fecha suas marcas norteamericanas de oito para permanecer com quatro, a Chevrolet, a Cadillac, a Buick e a GMC.

Dois Chevrolets completamente novos são apresentados em 2009: O global Cruze, que passa a ser o mais vendido da Chevrolet e o Chevrolet Camaro, que supera o Ford Mustang no mercado de carros esportivos.

O Corvette Stingray do 50º aniversário, conhecido como Corvette Centennial é apresentado no Chicago Auto Show e estrela o filme "*Transformers: Revenge of the Fallen*."

O primeiro veículo lançado após a retirada da declaração de falência da GM é o Buick LaCrosse 2010, que continua com a transformação da marca. Projetado nos estados Unidos e na China, é o primeiro da GM com design global. O LaCrosse recebe mais de doze prêmios da revista *Time,* do *Insurance Institute for Highway Safety* (IIHS)*, Car and Driver, Edmunds, About.com, Motor Week, CanadianDriver.com* e *Kelly Blue Book.*

**De 2010 a atualmente (junho de 2012)**

A GMC vence o prêmio EyesOn Design Awards no NAIAS 2010 com o conceito Granite; o Cadillac CTS Coupe e o Cadillac XTS concept vencem o "*Best in Show*" e "*Best Concept*", respectivamente, no *Detroit News Readers' Choice Awards*.

O Chevrolet Cruze, vendido no mundo todo, passa a ser oferecido no mercado norte-americano.

O novo Equinox 2010 reflete a linguagem global do design Chevrolet, primeiro apresentado com o sedã Malibu e no crossover Traverse. Os prêmios incluem o Ward - "*Interior of the Year*," Cars.com "*SUV of the Year*"; Car and Driver *Editor's Choice*; Kbb.com "*Top 10 Family Car*"; Motor Week "*Drivers' Choice-Best Small Utility*" e o Consumer's Digest "*Best Buy*."

Três conceitos de EN-V (*Electric Networked Vehicle*) são apresentados na exibição SAIC-GM na Feira Mundial de Shanghai 2010, oferecendo a promessa de reduzir congestionamentos, colisões e emissões de poluentes usando somunicação sem fio, sensores veiculares, GPS e comunicação entre veículos. O conceito Buick Envision também é apresentado.

A Buick é nomeada para o "*Hottest Brands of 2010*" da rede MSNBC.

O Chevrolet Camaro vence diversos prêmios em 2010: "*World Car Design of the Year*" no *New York International Auto Show*; "*Collectible Car of the Year*" do *National Automotive History Collection*; o *Kiplinger's* "*Best New Sports Car*," o *Ward's* "*Best Sports Car Interior*"; "*Best in Design*" da *Popular Mechanics*, o "*Hottest Car*" do SEMA Show 2010 e 2011 e o *Edmunds'* "*Launch Breakthrough*."

A GM lança a marca Baojun em 2010 para atender a demanda por carros baratos na China.

No fim de 2010, inicia-se a produção do Chevrolet Volt extended range na planta de Detroit-Hamtramck.

O conceito Opel Flextreme GT/E vence mais de doze mil inscritos de sessenta países par vencer o *Red Dot Award* pelo "*Best Design Concept*" em Cingapura.

O renascimento do Camaro no século 21 abre um novo capítulo quando o Camaro conversível 2011 é apresentado no *Los Angeles Auto Show* em novembro de 2010. A *Road & Track* nomeia-o "*New Year's Coolest Car*".

A terceira geração do Buick GL8 MPV é apresentada no *Shanghai Auto Show* em novembro de 2010 com mais espaço, potência, atributos e o moderno vocabulário do design da Buick.

No NAIAS 2011, o Volt é premiado como o "*North American Car of the Year*", como o "*Car of the Year*" da *Motor Trend e o Driver's Choice* "*Best of the Year*" da *Motor Week.*

O Cadillac CTS-V Wagon é nomeado 2011 *All-Star* pela *Automobile magazine*; como um dos 10 melhores do ano pela "*Editors Choice*" da *MSNAutos* e o "*Most Wanted*" da *EdmundsInside Line*.

A nova pickup Chevrolet Colorado projetada globalmente é lançada na Tailândia, o maior mercado mundial de pickups. Em um evento celebrando o centenário da Chevrolet, é anunciada como a pickup ue será vendida na América do Norte.

O Opel Astra GTC Compact Coupe é apresentado no *Frankfurt Motor Show* 2011 para incentivar o interesse do público, com quinze mil consumidores interessados.

O novo Chevrolet Malibu é oferecido na Coréia do Sul. Será vendido posteriormente em mais de cem países nos seis continentes.

O Camaro ZL1 Coupe 2012 o mais rápido de todos os Chevrolets é apresentado no Chicago Auto Show 2011. O ZL1 Convertible é apresentado nove meses depois no *Los Angeles Auto Show* como modelo 2013.

O conceito Ciel é apresentado no *Pebble Beach Concours d'Elegance* 2011, lembrando a expressiva herança do luxo dos Cadillacs em uma forma moderna.

A versão americana e canadense do Chevrolet Spark é apresentada no *Los Angeles Auto Show*. Será vendida em 2012, seguida de uma versão a bateria para mercados específicos em 2013.

O novo Cadillac XTS 2013 é apresentado no *Los Angeles Auto Show* 2012 com a distinção de ser o carro em produção mais avançado tecnologicamente na história da marca.

O Buick Encore, crossover global é apresentado no NAIAS 2012. O Chevrolet MiRayconcept car vence o prêmio "*Best Concept*" no *Detroit News Readers' Choice Awards*.

A Cadillac apresenta o ATS 2013, novo sedã esportivo compacto de luxo para desafiar os melhores carros do mundo.

O Chevrolet Volt com o seu gêmeo europeu Opel Ampera é nomeado em 2012 "*European Car of the Year*" o primeiro carro projetado e fabricado nos Estados unidos a receber o prêmio.

O Impala 2014, novo carro-chefe da Chevrolet e a décima geração de um dos nomes mais duradouros da indústria, é apresentado no *New York International Auto Show* de 2012.

A GM *Global Design* anuncia expansão do GM *Korea Design Center* no início de 2013. A expansão criará um ambiente para os designers desenvolverem as estratégias para o futuro portfólio da GM.

A GM anuncia que o novo GM *China Advanced Studio* vai ser inaugurado em julho de 2012 em Xangai e servirá de base para futuros desenvolvimentos na Ásia. Será dirigido por Wulin Gaowa, a primeira designer mulher a ser designada na GM para dirigir um estúdio de design independente.

GM News

For Immediate Release: Wednesday, June 13, 2012

**Driving in Style: The First 85 Years of GM Design**

**June 1927**

- The GM Executive Committee establishes the *Art and Colour Section*. Studio operations are located in the GM Building on East Grand Boulevard in Detroit under the direction of Harley Earl, who began his career designing custom auto bodies for Hollywood actors and designed the 1927 LaSalle. It is the first department of its kind among major automotive manufacturers.

- From the beginning, Earl uses modeling *clay* to shape his design ideas.

- *Art and Colour Section* initially apply color and trim features to bodies already designed by GM's Fisher Body Division.

**1930s**

- Early attempts to create pleasing designs run into problems, so engineers are integrated into the creative staff. Many *Art and Colour* team members go on to significant leadership positions at other automakers.

- First corporate international design studios at Opel, Vauxhall and Holden.

- The use of color in mass-produced vehicles is introduced across the GM line.

- 1930 Cadillac Madame X V-16s bring the best of custom car styling to production vehicles and establish GM as a player in the luxury car business.

- The Cadillac V-16 Aero Coupe, which debuts at the 1933 Chicago World's Fair, demonstrates the "all-metal upper." It is credited with influencing the steel industry to develop the wider rolling mills needed to roll sheet steel for an all-metal car.

- GM pioneers the concept of "advanced design," working ahead of current thinking in special studio teams to explore possibilities from engineering and design ideas.

- *Art and Colour* dominates the new field of industrial design, creating products in the areas of streamlined trains with new diesel engines from GM's ElectoMotive Division; exhibit design [1939 World's Fair "Futurama Exhibit" in partnership with Norman Bel Geddes that forever changed the approach to exhibits]; the Parade of Progress that travels throughout

America spreading the GM story; home appliances with a wide variety of fans, radios, etc. for GM's Delco Products Division; and buses for the commercial vehicle market.

- The first all-metal-upper vehicles in mass production – the GM Turret Tops.

- *Art and Colour Section* is renamed “General Motors Styling Section” in 1937. Operations move to the top four floors of the GM Research Building on Milwaukee Avenue, just behind GM Headquarters. Earl organizes formal studios for each car division – Chevrolet, Pontiac, Oldsmobile, Buick, Cadillac, Truck and Coach, and several other studios for advanced design. The enclosed studio space for each brand is copied by every other automotive company.

- The Buick Y-Job – widely considered the automotive industry’s first concept car – is completed in 1938. Its long and low profile influences design for years. It also introduces electrically operated windows, flush door handles, a power-operated convertible top and the elimination of running boards.

- 1938 Cadillac 60 Special is introduced and recognized as a major style-setting design to this day.

**1940s**

- Harley Earl is named a vice president in 1940, indicating that the designer’s counsel is as important to GM’s management as any other staff. No other automotive company at that time had elevated styling to such a high management level.

- As the United States enters World War II, production of civilian automobiles is halted. The Styling Section becomes the Camouflage and War Service Section.

- GM is the first automotive company to hire women designers.

- The first use of curved glass is made in the rear windows of Cadillac, Buick and Oldsmobile models which, together with the sloping backs called “fast backs,” add to the streamline effect. Cadillac and Oldsmobile also lead the industry with "full envelope bodies" that emphasize applied rear fenders.

- Cadillac launches the use of rear “fins” and “egg-crate” grilles. Buick launches "portholes" and "sweepspears" on the body sides, which remain with Buick to this day.

- GM creates an important new concept train with ElectroMotive Division, called the “Train of Tomorrow.”

- GM Chairman Alfred P. Sloan decides to create a technical center to house GM Research Laboratories, and the Styling, Engineering and Manufacturing staffs. Earl persuades GM management that a distinctive

design is required for the facility and he recruits renowned architect Eero Saarinen. Construction begins in 1949. The General Motors Technical Center in Warren, Mich. – the first industrial park of its kind in the world – eventually gains acclaim as a classic example of mid-20th century modernism, known as International Style.

- GM allows Earl to set up an independent industrial design firm to give his designers projects outside of the automotive business to broaden their backgrounds.

- Under Cadillac's chief designer William Mitchell, tailfins debut on the 1948 Cadillac. Inspired by the World War II-era twin-fuselage fighter, the Lockheed P-38, the tailfins set off a decade-long styling trend. Earl had taken his designers to see the P-38 Lockheed Lightning at an Air Force base outside Detroit.

- In 1949, GM Styling introduces the first hardtops. The design, introduced on Buick, Cadillac and Oldsmobile models, eliminated the B-pillar roof supports.

**1950s**

- The 1951 LeSabre concept is unveiled. Inspired by the F-86 Sabre jet and probably the most influential *dream car* from Earl's vision, the LeSabre concept features a one-touch top that closes automatically at a drop of rain, heated power seats, illuminated knobs and switches, a power antenna, and the world's first wrap-around windshield. The concept influences car design for decades.

- Sloan sought to expand the role Earl's *dream car*s could play to inspire customers by creating the 1953 Motorama at New York's Waldorf Astoria, the first stop of a six-city tour. GM Styling creates the shows' look and feel.

- The 1953 Motorama introduces the Buick Skylark, the Chevrolet Corvette and the Cadillac Eldorado – eventual classics of American car design. Other eventual classics introduced in the '50s: the 1957 Chevrolet Bel Air and Bel Air Nomad, and the 1959 Cadillac Eldorado.

- GM Styling unveils the Firebird I (1952), II (1956) and III (1958) concepts in support of GM Research's experimental turbine engine program. The designs are inspired by the nation's fascination with the jet age.

- Dominance in industrial design continues with Kitchen of Tomorrow, an all-aluminum Aerotrain built from GMC bus bodies to reduce weight, and heavy equipment for the Euclid Division.

- The Styling staff moves to the completed Technical Center in 1955. The Technical Center is formally dedicated in May 1956 before a crowd of 5,000 people and on national television, with CBS' Walter Cronkite as the emcee. President Dwight D. Eisenhower addresses the crowd on the radio.

- Earl retires in 1958, and is succeeded by William Mitchell as vice president of Styling.

**1960s**

- Mitchell continues his predecessor's style of longer, lower and wider automobiles. However, he tweaks it to add crisp, sharp edges to the roofs and fenders – a change inspired in part by his fashion sensibilities. Mitchell was known to say, "Trousers don't look any damn good without a crease in them; you've got to have an edge to accentuate form."

- One of Mitchell's first projects involves the purchase of a retired, racing chassis from the corporation, which had ended its participation in motorsports. He retrofits it with a body he calls the "Stingray." The race car inspires design of the 1963 Corvette Stingray. His experimental Corvettes, the Mako Shark in 1963 and the Manta Ray in 1969, capture his passion for sharp lines.

- Mitchell sets up parallel design activities, whereby each design team might be in charge of different proposals for a body shared by Buick, Oldsmobile, Pontiac and Chevrolet, competing with each other and possibly with other studios to develop the favored theme from which each would later develop divisional programs.

- Another landmark of Mitchell design, the 1963 Buick Riviera, is introduced.

- By the mid-'60s, GM Styling numbers almost 1,600 employees, including automotive and industrial designers, engineers, sculptors, color and fabric experts, draftsmen, wood and metal model builders, and pattern makers. It is the industry's largest design organization.

- The Mitchell era sees the pioneering use of new design techniques such as the use of black tape to illustrate full-size drawings, allowing for increased creative flexibility and faster modification.

- The '60s become the era of the muscle car and small block V-8 engines. GM vehicles such as the 1964 Pontiac GTO, the 1967 Pontiac Firebird and Chevrolet Camaro, and the 1968 Corvette, rule Woodward Avenue in the Motor City.

**1970s**

- GM Styling is renamed "GM Design Staff" in 1972 to reflect the need to approach the product as a total concept, not just with surface styling.

- Human factors engineering becomes part of the vehicle design process. Data collected from test subjects is used to design windshields, rear windows, instrumental panels and other car parts.

- By 1974, designers begin using computer-aided design to create illustrations.

- By the mid-1970s, revolutionary changes – including an oil embargo – end the muscle car era. Cost-conscious consumers want smaller, fuel-efficient

cars. American auto companies re-engineer their vehicles to make them smaller and lighter for better fuel economy.

- Irvin Rybicki becomes the third vice president of design upon Mitchell's retirement in 1977. He heads GM's massive downsizing drive, which involves a major overhaul of virtually every existing car line at GM by 1985.

**1980s**

- To improve interior vehicle design, the science of ergonomics becomes increasingly important. Ergonomics ensures features are designed for ease of access, visibility and comprehension.

- Rybicki leads the introduction of the "X" body, a new-generation vehicle with a transverse-mounted engine, an industry first. Featured vehicles included the 1980 Chevrolet Citation, Pontiac Phoenix, Olds Omega and Buick Skylark.

- Rybicki also oversees the creation of "J"-body cars including the best-selling Chevrolet Cavalier. He draws on his Chevrolet experience for notable designs such as the 1982 Chevrolet Camaro, the 1984 Chevrolet Corvette and the 1987 Beretta and Corsica.

- Vehicle design becomes less of a differentiator as consumer attention shifts to safety, emission standards and fuel efficiency.

- Charles Jordan succeeds Rybicki in 1986 as the fourth vice president of GM Design.

- To underscore GM's stature as a technologically advanced, forward-thinking company, the Teamwork and Technology Exhibit opens at New York's Waldorf Astoria in 1987.

- Jordan establishes a "studio of the future" to explore the capabilities of math-based design. Alias software is used for the first time to create 3-D computer models and to mill reduced-scale and full-size *clay* models.

- The design staff comprises 36 studios divided in seven departments: CPC (Chevrolet/Pontiac/Canada/Saturn), BOC (Buick/Oldsmobile/Cadillac), trucks, advanced design, advanced concepts, colors and materials, and international coordination.

- The Oldsmobile Aerotech concept debuts in 1987 as does the 1988 Buick Reatta – two-passenger, front-drive coupe.

**1990s**

- The 1992 Cadillac Seville, the 1992 Pontiac Bonneville, 1994 Chevrolet S-10 Blazer and pickup, the 1995 Buick Riviera and the 1995 Oldsmobile Aurora are introduced.

- Wayne Cherry becomes the fifth vice president of GM Design in 1992. Cherry's international experience in design and management reshapes the Design Center. Cherry had previously served as the director of design at Vauxhall/Bedford and Opel.

- Cherry reorganizes GM Design, moving from 27 exterior, interior and advanced studios to eight brand character centers, each with a clear brand identity and familiar look.

- Digital design and math-based tools assume a greater role in the design process. Two virtual reality centers permit the evaluation of math-based designs in 3-D. Design

Center deploys the largest number of designer workstations in the industry. Designers, sculptors and engineers are all trained in the use of digital tools. Computer animation allows conceptual designs to be shown driving through realistic environments. *Clay* milling machines are installed on nearly every modeling platform.

- Cherry proposes showing a portfolio of new product concepts at major auto shows each year. The 1999 Chevrolet Nomad, Cadillac Evoq and Buick Cielo concepts, developed under Cherry's leadership, are unveiled at the 1999 North American International Auto Show. The Evoq is named "Best in Show."

**2000-2009**

- In Harley Earl's hometown, GM's North Hollywood Advanced Design Center opens its doors in January 2000 in the former home of the area's landmark bread bakeries. A year later, at the Los Angeles Auto Show, the studio presents its first vehicle, the Chevrolet Borrego Concept.

- The Chevrolet SSR hot-rod pickup concept, introduced at the 2000 NAIAS, realizes Cherry's vision for developing a contemporary, high-performance vehicle based on the brand equity and popularity of early 1950s Chevrolet pickups.

- Robert Lutz joins GM to become vice chairman for product development. Lutz seeks to bolster Design's role and influence in the vehicle development process.

- GM Design reshapes the automobile with the AUTOnomy, the first vehicle designed completely around a fuel cell system and by-wire technology. The concept was unveiled at the 2002 North American International Auto Show, along with award-winning Pontiac Solstice and Cadillac Cien concepts.

- GM showcases "Concept to Reality" at the 2002 North American International Auto Show with three production-model introductions – the Chevy SSR, Cadillac XLR and HUMMER H2. The SSR is designed by Ed Welburn, who succeeds Cherry a year later.

- Cherry's leadership and personal involvement establish the new design direction for Cadillac, embodied in the 2001 Cadillac Escalade, 2002 Escalade EXT, 2003 CTS and 2004 XLR and SRX, the latter named a *Car and Driver* "Five Best Trucks Luxury SUV" award in 2004, 2005 and 2006.

- GM Design restructures, moving to an architecture-based system led by five executive directors who report to the GM vice president for Design. The executive directors oversee quality and brand character, unibody architectures, body-on-frame architectures, vehicle architecture engineering, and advanced vehicle design.

- From 1999 through 2003, GM reveals more than 35 auto show vehicles around the globe – mostly at the North American International Auto Show in Detroit. The Cadillac Sixteen concept, a modern interpretation of everything that made Cadillac the standard of the world, is unveiled at the 2003 NAIAS. GM designers draw extensively on the traditions of coach building for the Cadillac Sixteen, employing the talents of leading artisans for the upholstery, instrumentation, interior wood and metal elements, and aluminum body panels.

- In 2003, Edward T. Welburn becomes GM's sixth design chief when he is named vice president of GM North America Design.

- As North American and European markets mature, sales surge in emerging markets such as China and Southeast Asia, the Middle East and South America, accelerating the need for expanded global design capabilities.

- Welburn is named vice-president of GM Global Design in 2005, the first design chief with global leadership responsibilities. His vision is to align design activities around centers of excellence: pickups and SUVs in the U.S., midsize cars in Europe, rear-drive cars in Australia, and small cars in Europe and South Korea.

- Holden Efijy – a wild, 21st-century hot rod reincarnating Australia's most famous car, the Holden FJ – debuts at Australian International Motor Show October 2005. The pillarless coupe features a Corvette underbody, V-8 power, and state-of-the-art technology.

- Chevrolet Camaro wins 2006 EyesOn Design award for "Concept Implementation."

- The Chevrolet Volt concept is introduced at the 2007 North American International Auto Show. An electric car with extended range, it alleviates the "range anxiety" associated with previous electric vehicles and elicits an avalanche of global media coverage.

- The newly redesigned Chevrolet Silverado is named 2007 "North American Truck of the Year."

- The 2008 Cadillac CTS wins EyesOn Design award for “Concept Implementation.”

- Buick’s Riviera concept makes its world debut at 2007 Shanghai Auto Show, revealing the brand’s global design direction for its next generation of midsize luxury cars.

- At the 2007 New York Auto Show, a trio of small-car concepts (aka the Chevrolet Triplets) is unveiled in South Korea with the names Beat, Traxx and Groove. The Beat goes on to inspire the production Chevrolet Spark.

- In GM’s centennial year, the beginning of a GM design revival produces three standouts: the 2008 Chevrolet Malibu, which re-establishes Chevrolet in the midsize sedan segment; the 2008 Buick Enclave, which ushers in a total product renaissance at Buick; and the second-generation Cadillac CTS, the first car from a GM brand to win *Motor Trend* “Car of the Year” honors since 1998. The 2009 Cadillac CTS-V and CTS Coupe Concept win EyesOn Design “Best Production Car” and “Best Concept” awards, respectively.

- Chevrolet debuts GPiX Crossover Coupe at Sao Paulo International Auto Show in October 2008.

- The Cadillac Converj Concept, revealed at the 2009 North American International Auto Show, wins the EyesOn Design “Best Concept,” *AutoWeek’s* “Best Concept” and the *Detroit News’* Readers’ Choice “Best Concept” awards.

- In 2009, GM is one of two domestic automakers to undergo a managed bankruptcy as a result of the 2008 global economic collapse. GM cuts its North American brands from eight to four – Chevrolet, Cadillac, Buick and GMC.

- Two all-new, important Chevrolets are introduced in 2009: The global Cruze small car, which goes on to be Chevrolet’s top-selling passenger car; the Chevrolet Camaro, which unseats the Ford Mustang for sports car dominance.

- 50$^{th}$ Anniversary Corvette Stingray Coupe (aka Corvette Centennial) is first shown at the Chicago Auto Show and stars in the movie “Transformers: Revenge of the Fallen.”

- The first new-vehicle launch after GM emerges from bankruptcy, the 2010 Buick LaCrosse, continues the brand’s product transformation. Designed in the U.S. and China, it is GM’s first globally designed passenger car. LaCrosse receives more than a dozen awards and car industry accolades by *Time,* Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)*, Car and Driver, Edmunds, About.com, Motor Week, CanadianDriver.com, Kelly Blue Book.*

**2010-Present**

- GMC wins top honors for the Granite Concept at the EyesOn Design Awards at the 2010 North American International Auto Show; the Cadillac CTS Coupe and Cadillac XTS concept win "Best in Show" and "Best Concept," respectively, in the annual *Detroit News* Readers' Choice Awards.

- The Chevrolet Cruze, already on sale around the world, goes on sale in North America.

- New 2010 Equinox reflects Chevrolet's global design language first shown on the Malibu sedan and Traverse crossover. Industry awards include *Ward's* "Interior of the Year," *Cars.com* "SUV of the Year"; *Car and Driver* Editor's Choice; Kbb.com "Top 10 Family Car"; *Motor Week* "Drivers' Choice-Best Small Utility"; *Consumer's Digest* "Best Buy."

- Three EN-V (Electric Networked Vehicle) Concepts make their debut in the SAIC-GM exhibit at the World Expo 2010 Shanghai, offering the promise of reducing traffic congestion, crashes and vehicle emissions using wireless communication, vehicle sensors, GPS and vehicle-to-vehicle communication. Buick Envision Concept is also unveiled at the show.

- Buick named to "Hottest Brands of 2010" list by cable network MSNBC.

- The Chevrolet Camaro wins several awards: 2010 "World Car Design of the Year" at the 2010 New York International Auto Show; "Collectible Car of the Year" by the National Automotive History Collection; *Kiplinger's* "Best New Sports Car," *Ward's* "Best Sports Car Interior" award; "Best in Design" by *Popular Mechanics*, SEMA Show's "Hottest Car" in 2010 and 2011 and *Edmunds'* "Launch Breakthrough."

- GM launches the Baojun brand in 2010 to address the growing demand for affordable passenger cars in China.

- In late 2010, the production version of the Chevrolet Volt extended range electric vehicle rolls off the assembly line at GM's Detroit-Hamtramck plant.

- Opel's Flextreme GT/E Concept beats 12,000 submissions from 60 countries to win the coveted Red Dot Award for "Best Design Concept" in Singapore.

- The 21st-century rebirth of Camaro opens a new chapter when 2011 Camaro convertible is unveiled at the Los Angeles Auto Show in November 2010. *Road & Track* names it a "New Year's Coolest Car."

- Third-generation Buick GL8 MPV debuts at Shanghai Auto Show in November 2010 with more space, power, features and Buick's modern design vocabulary.

- At the 2011 North American International Auto Show, Volt is named “North American Car of the Year,” *Motor Trend* “Car of the Year” and *Motor Week* Driver’s Choice “Best of the Year.”

- Cadillac CTS-*V* Wagon is named 2011 All-Star by *Automobile* magazine; “Editors Choice” top 10 vehicle of the year by *MSN Autos* and the “Most Wanted” by *Edmunds Inside Line*.

- An all-new, globally designed Chevrolet Colorado midsize pickup truck launches in Thailand, the world’s largest midsize pickup market. At a media event celebrating the Chevrolet Centennial, it is announced the pickup will be sold in North America.

- Opel Astra GTC Compact Coupe debuts at the 2011 Frankfurt Motor Show to strong public interest: 15,000 customer orders are received effectively sight unseen.

- The all-new Chevrolet Malibu – Chevrolet’s first global midsize sedan – goes on sale in South Korea. It will eventually be sold in more than 100 countries on six continents.

- 2012 Camaro ZL1 Coupe – the fastest Camaro ever offered by Chevrolet – debuts at the 2011 Chicago Auto Show. The ZL1 Convertible is unveiled nine months later at the Los Angeles Auto Show as a 2013 model.

- Ciel Concept makes its world debut at the 2011 Pebble Beach Concours d’Elegance, recalling Cadillac’s large, expressive luxury heritage in a modern, forward-facing way.

- U.S. and Canadian version of the Chevrolet Spark is introduced at the Los Angeles Auto Show. It will go on sale in 2012, followed by a battery-electric version for select markets in 2013.

- The all-new 2013 Cadillac XTS makes its debut at the Los Angeles Auto Show with distinction as the most technologically advanced production car in the brand’s history.

- The global Buick Encore small crossover is unveiled at the 2012 North American International Auto Show. The Chevrolet MiRay concept car wins “Best Concept” in the annual *Detroit News* Readers’ Choice Awards.

- Cadillac introduces 2013 ATS, an all-new compact luxury sports sedan to challenge the world’s best premium cars.

- Chevrolet Volt and its European sibling Opel Ampera are named the 2012 “European Car of the Year” – the first vehicle designed and manufactured in North America to earn the prestigious award.

- The 2014 Impala, Chevrolet's new flagship and the 10th generation of one of the industry's most enduring and popular nameplates, debuts at the 2012 New York International Auto Show.

- GM Global Design announces it will expand its GM Korea Design Center by early 2013. The expansion will create an environment for designers to create and develop design strategies for GM's future product portfolio.

- GM announces that a new GM China Advanced Studio will open in July 2012 in Shanghai and serve as a future hub for automotive design in Asia. It is headed by Wulin Gaowa, the first female designer appointed to oversee a stand-alone GM Design studio.

**General Motors Co.** (NYSE:GM, TSX: GMM) and its partners produce vehicles in 30 countries, and the company has leadership positions in the world's largest and fastest-growing automotive markets. GM's brands include Chevrolet and Cadillac, as well as Baojun, Buick, GMC, Holden, Isuzu, Jiefang, Opel, Vauxhall and Wuling. More information on the company and its subsidiaries, including OnStar, a global leader in vehicle safety, security and information services, can be found at http://www.gm.com.

###

**CONTACT:**

David Barnas
GM Design Communications
586-986-5143
david.barnas@gm.com