



Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Artes e Comunicação

Departamento dDesign

Programa de Pós-graduação em Design

Comunicação Intermediada por Protótipos

ALCOFORADO, Manoel Guedes

Orientador: Profº Dr. André Neves

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Design
da Universidade Federal de Pernambuco
para obtenção do título de mestre em design

Recife, 2007

Alcoforado, Manoel Guedes
Comunicação intermediada por protótipos
Manoel Guedes Alcoforado. – Recife : O Autor, 2007.
210 folhas: il., fig.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Design, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Design - Metodologia. 2. Protótipos. 3. Cultura e Tecnologia. I.Título.

74
740

CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)

UFPE
CAC2007-
43



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE
MANOEL GUEDES ALCOFORADO NETO

“Comunicação intermediada por protótipos.”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESIGN E ERGONOMIA

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato MANOEL GUEDES ALCOFORADO NETO **APROVADO COM DISTINÇÃO**.

Recife, 11 de maio de 2007


Prof. André Menezes Marques das Neves (UFPE)


Prof. Leonardo Augusto Gómez Castillo (UFPE)


Prof. Luiz Eduardo Cid Guimarães (UFPE)

Apresentação

No final do século XVIII o mundo passava por grandes transformações geradas por novas demandas sociais. Essas promoveram a revolução industrial. Nesse período nasceram às bases das relações de trabalho que temos hoje: a sistematização de processo produtivo e as metodologias de design, adaptadas aquele contexto. Hoje com a Globalização e um conjunto de novas demandas sociais, emerge uma nova revolução, a revolução digital. Com ela surgem novas tecnologias, novos processos produtivos e também é de se esperar, novas metodologias de design adaptadas a esse novo contexto.

Nas metodologias de design apresentadas por diversos autores, percebemos a importância dos protótipos dentro do processo de design. Eles permitem aos designers compreender, explorar, comunicar e avaliar as alternativas geradas. Porém, nelas constatamos que o uso do protótipo é deixado para as fases finais do desenvolvimento do projeto, o que pode limitar o designer e demais atores do processo de design na avaliação de aspectos como: usabilidade, funcionalidade e estética. Acreditamos também que a escolha do tipo de protótipo a ser utilizada ocorre de forma intuitiva ou inadequada ao que se pretende comunicar e avaliar de acordo com a área e a fase de design.

Com a emergência de novas tecnologias como: a prototipagem virtual, prototipagem rápida, ferramenta rápida e manufatura rápida, podemos esperar uma maior utilização de protótipos no processo de design. Porém, precisamos estar conscientes da importância da escolha do protótipo adequado a cada fase do processo de design, considerando fatores qualitativos e quantitativos, como: audiência, esforço, tempo e custos envolvidos.

Com o objetivo de aprimorar esse processo, pretendemos criar um modelo que auxilie o designer nessa escolha. Para isso faremos uma classificação dos tipos de protótipos, dos seus níveis de comunicação e de fidelidade, das fases de design, dos estágios e propósitos de sua utilização dentro do processo de design e da audiência esperada, assim, estabeleceremos relações entre os dados coletados de acordo com critérios estabelecidos para estruturação do modelo.

Com a configuração desse modelo de auxílio pretendemos contribuir para uma escolha mais consciente dos protótipos, bem como sua maior valorização dentro das metodologias de design, a partir do momento que esse modelo possibilitará identificar a forma mais adequada de comunicar e avaliar as características desejadas. Dessa forma estaremos dando aos diversos atores do processo de design uma melhor condição de avaliação e seleção de

alternativas, contribuindo para a melhoria do processo de design e dos produtos gerados a partir dele.

A dissertação está organizada da seguinte forma:

Capítulo 1 | apresentação dos objetivos, metodologia científica, hipóteses, pressupostos, premissas e a metodologia do trabalho.

Capítulo 2 | fundamentação teórica através da metodologia de design, do processamento de informações e dos modelos de comunicação.

Capítulo 3 | descrições dos protótipos através do seu conceito, da sua utilização no processo de design, tipologia e classificação.

Capítulo 4 | Estruturação e demonstração do nosso modelo de auxílio

Capítulo 5 | finalização do trabalho com as conclusões, contribuições e desdobramentos.

Agradecimentos

a **André Neves** pela objetividade,
a **Silvio Campello** pela luz,
a **Hans Haechter** pelo título,
a **Leonardo Castillo e Luiz Eduardo** pelas correções
a **Fábio Campos** pelas recomendações
a **Clóves Parísio** pela disponibilidade
a **Virgínia Cavalcanti** pela cultura
a todos os professores do mestrado pelo ensino
e aos demais colegas pela convivência.

a minha **mãe** por aplinar as dificuldades do meu caminho,
ao meu **pai** pelo exemplo de estudo e trabalho,
a minha **esposa** e **filha** pela companhia e paciência.
ao meu **irmão** pela força

a **Deus** por ter me dado as oportunidades e força necessária para aproveitá-las.

Sumário

Apresentação e Agradecimentos

Resumo

Lista de Ilustrações, Quadros e Gráficos

1 Introdução.....	11
1.1 Objetivos e Objeto de Estudo.....	11
1.2 Metodologia Científica.....	11
1.3 Hipóteses, pressupostos e premissas	12
1.4 Metodologia geral	14
1.5 Metodologia específica.....	14
2 Fundamentação.....	16
2.1 Metodologia de design	16
2.2 Comunicação	24
2.21 comunicação intermediada por protótipos.....	24
2.22 processamento de informação.....	30
3 Protótipos.....	37
3.1 Conceito.....	37
3.2 Cultura de protótipos	43
3.3 O uso do protótipo no processo de design	50
3.4 Tipologia	58
Sketch	60
Storyboard	67
Protótipo de papel	72
Rendering	82
Animação	85
Modelo	89
Façade.....	93
Wizard of Oz	107
Protótipo virtual	113
Mockup	123
Protótipo de alta fidelidade	137
Piloto	160
3.5 Classificação dos protótipos	164
3.51 níveis de comunicação	164
3.52 área de aplicação em design	168
3.53 níveis de fidelidade	169
3.54 propósito dos protótipos	178
3.55 estágios dos protótipos	182
3.6 Audiência dos protótipos	184
3.7 Contexto dos protótipos	185
4 Modelo de Auxílio.....	188
4.1 Descrição do modelo.....	188
5 Conclusão	195
5.1 Contribuições	198
5.2 Desdobramento	200
Referências Bibliográficas.....	202

Resumo

No final do século XVIII o mundo passava por grandes transformações geradas por novas demandas sociais. Essas promoveram a revolução industrial. Hoje com a globalização e um conjunto de novas demandas, emerge uma nova revolução, a revolução digital. Com ela surgem novas tecnologias, novos processos produtivos e também é de se esperar, novas metodologias de design adaptadas a esse novo contexto. Nas metodologias de design apresentadas por diversos autores, percebemos a importância dos protótipos dentro do processo de design, porém, constatamos que o uso do protótipo é deixado para as fases finais do desenvolvimento do projeto, o que pode limitar a avaliação do design. Com a emergência de novas tecnologias de prototipagem como a: prototipagem virtual, prototipagem rápida, ferramenta rápida e manufatura rápida, podemos esperar uma maior utilização dos protótipos. Contudo precisamos estar conscientes da importância da escolha do protótipo adequado a cada fase do processo de design. Com o objetivo de aprimorar esse processo, criaremos um modelo que auxilie o designer a promover essa escolha e também a valorizar o uso dos protótipos nas metodologias de design. Dessa forma, esperamos melhorar as condições de avaliação e seleção de alternativas, contribuindo para a melhoria do processo de design e dos produtos gerados a partir dele.

Palavras-chave: protótipos, metodologia de design, processo de design

Abstract

By the end of 18th century, the world was passing through big revolution that had been generated by social demands which had promoted the Industrial Revolution. Today, the globalization and a group of new demands cause a new revolution, the digital revolution. This revolution leads to new technologies, new productive process, and as expected, new methodology of design adapted to this new context. In the methodologies presented by several authors, we have perceived the importance of the prototypes inside of the process of design, but we noticed that its usage is left to the last phases of the project's development. Such approach could limit the design's evaluation. The emergence of new prototyping technologies like virtual prototyping, rapid prototyping, rapid tooling, and rapid manufacturing, we can expect a great utilization of prototypes. However, we need be aware about the importance of choosing the right prototype for each phase of the design process. In order improve this process, we devise a model to help the designer promote this choice and to give value to the usage of prototypes in the design methodologies. Doing so, we hope to improve the conditions of evaluation and selection of alternatives, collaborating to the improvement of the design process and of the generated products.

Keywords: prototypes, design methodology, design process

Lista de Ilustrações

Figura (1) imagens de volumes desenvolvidos por alunos na disciplina de desenho técnico (2006) | **32**

Figura (2) imagens de protótipos de peso e volume dos produtos finais | **39**

Figura (3) o uso de protótipos através de aplicativos voltados para metodologia colaborativa (fonte: ELLIOTTE, 2003 p.1) | **46**

Figura (4) sketches de uma tigela com tampa por Robert Welch (fonte: GOLDSHIMDT e PORTER, 2004, p.176) | **60**

Figura (5) idéia inicial de um produto por Robert Welch para coleção Yamazaki (fonte: GOLDSCHMIDT e PORTER,, 2004, p. 177) | **61**

Figura (6) produto final refinado a partir do sketch inicial (fonte: GOLDSCHMIDT e PORTER, 2004, p. 177) | **61**

Figura (7) e **Figura (8)** sketch digital desenvolvido com auxílio de mesa digitalizadora (fonte: STAPPERS e SANDERS, 2005 | Artigos www.Carbodydesign.com, 2005) | **62**

Figura (9) uma composição usando bloco de texto para enfatizar a estrutura do layout (fonte: WONG, 1992. p83) | **63**

Figura (10) sketch usado para definição de uma interface (fonte: JONES e MARSDEN, 2006) | **64**

Figura (11) ilustração do fluxo de ações e funções de uma interface através de um Storyboard (fonte: JONES e MARSDEN, 2006) | **68**

Figura (12) ilustração da aplicação do método de Storyboard para narrativa de contexto e **Figura (13)** produto final desenvolvido por estudantes a partir da narrativa de contexto (fonte: NAN e GILL, 2001) | **69**

Figura (14) exemplo de desenvolvimento de interface com auxilio do protótipo de papel (fonte: MOGGRIDGE (IDEO), 2006. p. 704). | **72**

Figura (15) imagem de materiais básicos que podem ser usados para criação dos protótipos de papel (fonte: SNYDER , 2003. p.70) | **73**

Figura (16) modelo “*blinder*” de protótipo de papel (SNYDER, 2003. p.79) | **74**

Figura (17) teste de cenário também com processo “*blinder*” de protótipo de papel (JONES e MARSDEN, 2006).| **74**

Figura (18) botões e caixa de checagem (SNYDER, 2003. p.80) | **75**

Figura (19) quadro de diálogo reproduzido através de um protótipo de papel (SNYDER, 2003. p.80) | **75**

Figura (20) campos de texto e **Figura (21)** listas de menus reproduzidos através de um protótipo de papel (SNYDER, 2003. p81) | **76**

Figura (22) opções de seleção | **Figura (23)** tipos de cursores reproduzidos através de um protótipo de papel (SNYDER, 2003 p.82-83) | **76**

Figura (24) e (25) protótipos de papel de caixas de diálogos (fonte: SNYDER, 2003 e RIGHETTI, 2005) | **77**

Figura (26) expansão de listas e **Figura (27)** controles desativados simulados através de um protótipo de papel (fonte: SNYDER, 2005. p82) | **77**

Figura (28) protótipo em papel com *post-it* representando a funcionalidade básica do sistema (fonte: JONES e MARSDEN, 2006, p 172) | **80**

Figura (29) algumas etapas da técnica de construção de rendering pelo processo tradicional (fonte: GILL, 1991. p.144-145) | **83**

Figura (30) seqüência de imagens de uma animação 3D utilizada para apresentação das características de um produto. | **87**

Figura (31) designers da GM usando um modelo em escala 1:4 para esculpir e visualizar a forma e a proporção de um automóvel (fonte: Car Design Online) | **91**

Figura (32) uma interface (b) criada a partir de sketches da interface feitos pelo designer (a). A conversão dos sketches (abaixo) é feita automaticamente pelo sistema SILK (fonte: LANDAY e MYERS (2001) | **96**

Figura (33) um ambiente SILK com sketch (frente) e seqüência de ações ilustrada como Storyboard (por trás) (fonte: LANDAY e MYERS (2001) | **97**

Figura (34) o uso do SILK com dispositivo de entrada LCD e **Figura (35)** as 3 regiões principais do SILK (A- níveis de zoom, B- ferramentas de trabalho e C- Área de trabalho: (fonte: LIN et al (2000)) | **98**

Figura (36) um ambiente SILK com os 3 níveis de visualização: site map, storyboard e Sketch respectivamente (fonte: LIN et al , 2001) | **100**

Figura (37) área de trabalho do SUEDE com sub-área de: exemplos de scripts (área superior) e design falas da Interface do usuário (área inferior) (fonte: KLEMMER et al ,2000) | **104**

Figura (38) modo de análise da interface SUEDE apresentando os resultados dos testes e respostas e áudio em um caminho particular (SINHA et al, 2001) | **104**

Figura (39) ilustração da aplicação do método wizard of OZ (fonte: GILL, 2005. p2) | **107**

Figura (40) técnica A-Sketch uma simulação através da combinação de Sketch e Wizard of OZ (fonte: HARTMANN et al, 2006) | **111**

Figuras (41) e (42) exemplos de interação de protótipos virtuais com o auxílio de um sistema de realidade virtual da Fraunhofer IAO (fonte: BULLINGER, BREINING e BAUER, 1999) | 115

Figura (43) partes estampadas do corpo de um carro (fonte: BYLUND, 2002) | 119

Figura (44). imagens dos sketches 2D colocados nos planos do ambiente de prototipagem virtual 3D **Figura (45)** Protótipo virtual em um estado preliminar, **Figura (46)** forma final precisa usando equipamento de realidade virtual Free Form/ Phantom (fonte: EVANS, 2005. p156). | 119

Figura (47) mockup de baixa fidelidade desenvolvido por alunos do curso de design da UFPE | 126

Figura (48) mockup em madeira com comandos em papel | **Figura (49)** mockup em papel cartão e carcaça de produto (fonte: SNYDER, 2003. p.348 e 350) | 128

Figura (50) mockup em papelão da carcaça de um recolhedor de latas para reciclagem desenvolvido por Sade, Niemiem e Riihiaho (fonte: SNYDER, 2003, p.91) | 128

Figura (51) “soft” mockup desenvolvido tridimensionalmente apenas com uso de papel (fonte: GILL, 2005. p2) | 129

Figura (52). Imagem do sketch 2D colado no bloco de poliestireno e **Figura (53)** bloco desgastado para se adequar a forma do sketch 2D **Figura (54)** forma final a partir do desgaste manual da forma através de interações táteis (fonte: EVANS, 2005). | 129

Figura (55). Designers da Chevrolet desenvolvendo um mockup de média fidelidade do Corvette através da técnica das 10 linhas (usada para transferir o Sketch para a forma tridimensional) (fonte: Car design Online). | 130

Figura (56) mockup impresso por fresadoras através de prototipagem rápida (ver item a seguir) sendo ajustado manualmente por designers (fonte: Car design Online). | 130.

Figura (57) 3 mockups de propostas de design impressas por prototipagem rápida para realização de avaliação com usuários (fonte: LOPEZ e WRIGHT, 2002) | 130.

Figura (58) mockup em espuma feito por prototipagem de controle numérico (fonte: SNYDER, 2003. p 351) | 131

Figura (59) um mockup funcional implementado (fonte: Constantine, 1998) e **Figura (60)** um mockup estético implementado para definir cores e estilo da interface (fonte: FOX, 2005) | 135

Figura (61) e (62) imagens dos alunos de design da UFPE durante o desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade do veículo coletores de materiais recicláveis em uma serralharia. | 140

Figura (63) e (64) máquinas de prototipagem rápida Viper PRO e SLA 5000 (fonte: 3Dsystems). | 143

Figura (65) e (66) máquinas de prototipagem rápida LOM 1015 e LOM 2030 (fonte: Warwick Manufacturing Group e Departamento de Engenharia Mecânica e Nuclear da Universidade do Estado da Pensilvânia) | 144

Figura (67) e (68) máquinas de prototipagem rápida Sinterstation Pro e HiQ (fonte: 3Dsystems) | 145

Figura (69) e (70) máquinas de prototipagem rápida Prodigy Plus e Titan (fonte: Stratasys) | 147.

Figura (71) e (72) máquinas de prototipagem rápida Invision SR e Invision LD (fonte: 3DSystems) | 148.

Figura (73) (74) e (75) máquinas de prototipagem rápida Zprinter 310 plus , Zprinter 450 e spectrum 510 (fonte: Zcorporation) | 149.

Figura (76) Peças prototipadas de uma cafeteira da Alessis. **Figura (77)** modelos prototipados pela máquina Invision facilitam a comunicação entre os grupo de designers internacionais da Alessis e a fábrica na Itália (fonte: Revista prototype magazine, 2006). | 151.

Figura (78)(79) protótipos colorido impresso com a tecnologia 3Dprinter da Zcorp de produtos desenvolvidos pela Black & Decker (fonte: Revista prototype magazine, 2006). | 152

Figura (80) chuteira personalizada de alta performance e conforto desenvolvido de forma personalizada pela P2L's com auxilio da tecnologia de prototipagem rápida da EOS:. (fonte: Revista prototype magazine, 2006). | 152

Figura (81) mockup feito pelo processo tradicional em MDF, **Figura (82)** Mockup feito por prototipagem rápida em nylon e **Figura (83)** protótipo (com mecanismos funcionais) feito por prototipagem rápida (fonte: Evans e CAMPBELL, 2003). | 154

Figura (84) avião desenvolvido em tamanho real a partir da tecnologia de prototipagem rápida (fonte: www.lockheedmartin.com) | 160

Figura (85) sistema inovador de troca de macha desenvolvido pela Wolkwagem auxiliados pela tecnologia da EOS de impressão direta através de sinterização de metal. (fonte: Revista prototype magazine, 2006). | 161

Figura (86) alguns pilotos feitos por alunos de design da UFPE | 163

Figuras (87) e (88) Exemplos de protótipos de baixa e alta fidelidade usados para o desenvolvimento de telefone móvel (NAM e LEE, 2003) | 174

Figura (89) exemplos de protótipos de baixa, média e alta fidelidade, usados para o desenvolvimento de um equipamento médico (AVRAHAMI e HUDSON, 2002. p2) | 174

Lista de Quadros

Quadro (01) síntese das fases do processo de design | **19**

Quadro (02) modelo conceitual de Donald Norman
(fonte: NORMAN, 2004) | **24**

Quadro (03) modelo de Norman com os sete estados da ação
(fonte: NORMAN, 1988). | **25**

Quadro (04) modelo de ação humana de Norman com modificações (fonte:
RIZZO, 1997) | **26**

Quadro (05) modelo da comunicação intermediada por protótipos | **27**

Quadro (06) ciclos de avaliação de design (fonte: ULLMAN, 1997) | **28**

Quadro (07) modelo cognitivo de Newell e Simon (fonte: NEWELL e
SIMON, 1972) | **35**

Quadro (08) ilustração para a definição de protótipos | **39**

Quadro (09) as duas dimensões dos protótipos
(fonte: GREENBERGER, 2001) | **40**

Quadro (10) representação dos modelos Top/Down e Bottom/Up (fonte:
RIGHETTI, 2005 p.10) | **41**

Quadro (11) finalidades dos protótipos (fonte: BUCHENAU e SURI, 2005) |
53

Quadro (12) processo evolutivo dos protótipos no processo de design | **57**

Quadro (13) lista básica de suprimentos para criação de um protótipo de papel
(fonte: SNYDER, 2003) | **73**

Quadro (14) classificação das projeções e perspectivas | **83**

Quadro (15) configuração geral da simulação Wizard of OZ (fonte:
BERNSEN, 1994) | **108**

Quadro (16) classificação atual dos modelos, mockups e protótipos de alta
fidelidade | **124**

Quadro (17) classificação sugerida para os modelos, mockups e protótipos de
alta fidelidade | **124**

Quadro (18) proposta de classificação dos mockups físicos. | **125**

Quadro (19) processo de prototipagem rápida | **140**

Quadro (20) possibilidades de impressão da tecnologia rápida | **141**

Quadro (21) tecnologias de impressão em prototipagem rápida | **142**

Quadro (22) relações de tempo e custo entre os processo de prototipagem tradicional e com utilização da prototipagem rápida
(fonte: EVANS e CAMPBELL, 2003) | 154

Quadro (23) níveis de design de Donald Norman (fonte: NORMAN, 2004)
| 164

Quadro (24) classificação das funções dos produtos (fonte: LOBACK, 2001).
| 165

Quadro (25) modelo do que o protótipo comunica (fonte: HOULD and HILL, 2004). | 165

Quadro (26) níveis de comunicação dos protótipos | 166

Quadro (27) classificação dos protótipos de acordo com p peso de cada nível de comunicação | 167

Quadro (28) classificação dos protótipos de acordo com a área de aplicação do design | 168

Quadro (29) relação entre protótipos de baixa e alta fidelidade (fonte: RUDD, STERN e ISENSEE , 1996) | 173

Quadro (30) relação entre protótipos de baixa, média e alta fidelidade | 177

Quadro (31) relação entre os níveis de fidelidade dos protótipos, fases de design e tipos de protótipos | 178

Quadro (32) relação entre os tipos e propósito dos protótipos | 181

Quadro (33) relação entre os tipos e estágio dos protótipos. | 184

Quadro (34) modelo de auxílio para seleção de protótipo | 189

Quadro (35) primeira fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 190

Quadro (36) segunda fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 191

Quadro (37) terceira fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 191

Quadro (38) quarta fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 192

Quadro (39) quinta fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 193

Quadro (40) sexta e última fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo | 194

Gráficos

Gráfico (1) Níveis de comunicação dos Sketches | **66**

Gráfico (2) níveis de comunicação dos Storyboards | **71**

Gráfico (3) níveis de comunicação dos Protótipos de papel | **81**

Gráfico (4) níveis de comunicação dos Renderings | **84**

Gráfico (5) níveis de comunicação das Animações | **88**

Gráfico (6) níveis de comunicação dos Modelos | **92**

Gráfico (7) níveis de comunicação dos Façades | **106**

Gráfico (8) níveis de comunicação dos Wizard of Oz | **112**

Gráfico (9) níveis de comunicação dos Protótipos virtuais apreciativos | **121**

Gráfico (10) níveis de comunicação dos Protótipos virtuais imersivos | **122**

Gráfico (11) níveis de comunicação dos Mockups físicos | **136**

Gráfico (12) níveis de comunicação dos Mockups digitais | **136**

Gráfico (13) níveis de comunicação dos Protótipos de alta fidelidade | **159**

Gráfico (14) níveis de comunicação dos Pilotos | **163**

1 | Introdução

1.1 | Objetivos e Objeto de Estudo

a| Objetivo Geral

Desenvolver um **modelo** que auxilie o designer na escolha do protótipo adequado ao que se pretende comunicar, explorar e avaliar em cada fase, área, estágio e propósito do processo de design.

b| Objetivos Específicos

- Propor uma classificação unificada dos protótipos para as 3 principais áreas de aplicação do design: produto, gráfico e digital.
- Identificar os níveis de comunicação atendidos por cada tipo de protótipo.
- Propor um modelo que represente o conceito de comunicação intermediada por protótipos
- Identificar as fases, os estágios e os propósitos dos protótipos no processo de design e classificá-los em cada um deles.

1.2 | Metodologia Científica

Positivista			Hermenêutica/ Interpretativa
Indutivo			Hipotético-Dedutivo
Objetivista		■	Subjetivista
Teórico	■	■	Experimental
Quantitativa	■	■	Qualitativa

A pesquisa tem uma visão **hermenêutica/interpretativa** no momento que considera que a interpretação dos dados estará sujeito ao contexto e a visão do interpretante, socialmente inserido, e ao seu posicionamento em relação ao objeto estudado.

Será **Hipotético-dedutivo**, pois defende o aparecimento do problema através de incoerência do saber existente, constrói um modelo teórico e conjectura que deverão ser testados através de observação e experimentação que depois deverão ser avaliados na conclusão.

Nesse sentido utilizaremos o modelo de Popper *apud* Marconi e Lakatos (2004) que considera as seguintes etapas:

(1) **Conhecimentos prévios e teorias existentes**

(2) **Lacuna, contradição ou problema** que surge através de conflitos diante das expectativas e teorias existentes.

(3) **conjectura, soluções e hipóteses** que surgem através da conjectura ou de dedução de consequências na forma de proposições passíveis de teste.

(4) **Falseamento** que surge através da pesquisa teórica, observação e experimentação que deve ser uma atividade com objetivo norteado por problemas e contexto de expectativas.

(5) **Análise dos resultados**

(6) **Avaliação das conjecturas, soluções e hipóteses** – esse método não tem por objetivo criar uma verdade absoluta, apenas falsear teorias contraditórias, problemáticas ou que contenham lacunas de conhecimentos e que são tidas como verdadeiras.

(7) **Reputação ou corroboração** – através dos dados e da análise dos resultados e avaliação das hipóteses poderá haver uma rejeição ou aceitação dessas hipóteses.

(8) **nova teoria** surge a partir da aceitação da hipótese.

(9) **Nova lacuna, contradição ou problema** – Indica a necessidade de mais conhecimento teórico ou de novos experimentos para se comprovar.

O nosso trabalho é **objetivo** no momento que busca a verdade através da observação, investigação e experimentação, buscando verificar a adequação das idéias (hipóteses) aos fatos e é **subjetivo**, no momento que irá considerar o contexto como fator influente dos fatos e o posicionamento do observador.

A pesquisa terá um caráter **teórico**, no momento que fará uma revisão bibliográfica para análise das metodologias e dos conceitos anteriores, e será **experimental**, no momento que fará uso da observação de atividades práticas e experimentais para confrontar dados, através de análise comparativa.

A pesquisa será **qualitativa**, no momento que busca analisar e interpretar os dados a partir de aspectos mais profundos do comportamento humano, como hábitos, comportamentos, tendências e será **quantitativa** no momento que irá coletar e tratar as informações por meio de técnicas estatísticas.

1.3 | Hipóteses, pressupostos e premissas

a) Hipóteses

Lansdale and Ormerod (1995, p.215), tratando da falta especificação de requerimentos de uma interface durante o processo de desenvolvimento de sistemas, afirma “*no último estágio, a consequência da avaliação pode orientar alguns redesign. Claramente, quanto mais interações ocorrerem, menos eficiente e mais custoso será o processo de design*”. Isso pode ser contestável, se as interações permitem observar problemas que necessitam de redesign, como podemos dizer que eles tornam o processo menos eficiente? Se o aumento de interações permite aperfeiçoar o produto evitando que o mesmo

vá para o processo de fabricação, ou seja, distribuído para o cliente com problemas. Como podemos dizer que o processo seria mais custoso se redefinições em uma fase de fabricação ou depois de distribuídas para o cliente são sempre mais custosas que nas fases iniciais? Isso nos leva a definir a nossa primeira hipótese:

1^a hipótese: ciclos iterativos, quando realizados com a ferramenta de prototipagem adequada, tornam o desenvolvimento de produtos mais eficiente e menos custoso.

Snyder (2003, p.50) tratando dos computadores e da habilidade humana em resolver problemas afirma “os métodos de prototipagem principalmente os renderings e aspectos codificáveis do processo; não necessariamente ajudam a nos tornamos melhores designers”. Isso pode ser contestável, como podemos dizer que métodos que fornecem informações importantes para o desenvolvimento de produtos e que ampliam a nossa capacidade de memória (Ullman,1990) não contribuem para nos tornar melhores designers? Seria o mesmo que dizer que a troca de conhecimentos com outras pessoas não contribui para construção de nosso conhecimento. Isso nos leva a definir a nossa segunda hipótese:

2^a hipótese: a metodologia de prototipagem contribui na formação de melhores designers.

Para Baxter (1998, p.243) tratando da construção e teste de um novo produto “A construção do protótipo é importante para o desenvolvimento do produto, mas pode tomar um tempo muito grande, em relação ao valor que pode adicionar ao projeto”. Isso pode ser contestável, sabendo de novos métodos, técnicas e tecnologias de prototipagem que nasceram do discurso de aceleração do processo e sabendo que o processo de design é constituído de etapas, podemos argumentar que o importante seria saber que métodos, técnicas e tecnologias, devem ser utilizadas para cada fase, estágio e propósito de design. Isso nos leva a definir a nossa terceira hipótese:

3^a hipótese: A escolha do protótipo adequado à fase, ao propósito e ao estágio de design contribui para diminuir custo e adicionar valor ao produto final do processo de design, trazendo uma nova relação de custo benefício.

Na nossa visão, o desconhecimento dos métodos de utilização de protótipos, a definição e a metodologia de design apresentada pelos autores influência os designers a utilizar os protótipos apenas nas etapas finais do processo de design.

b) pressupostos

Os protótipos são deixados para a fase final do processo de design pela suposta dificuldade de prototipagem.

c) premissas:

- 1| A ferramenta de **prototipagem** escolhida modifica o processo de design.
- 2 | Os artefatos facilitam a comunicação.

1.4 | Metodologia Geral

O método de pesquisa será **tipológico** a partir do momento que se pretende criar um modelo ideal, que não precisará existir necessariamente na realidade, mas que poderá servir de modelo para análise e compreensão de casos concretos. E será **estruturalista**, a partir do momento que investiga fenômenos concretos elevando-os a um nível abstrato através da construção de um modelo simplificado que represente o objeto de estudo, retornando novamente ao concreto através de aplicações do modelo a uma realidade concreta.. Ao utilizarmos o método estruturalista, passamos a analisar não os elementos em si, mas as relações que ocorrem entre eles.

1.5 | Metodologia específica

O **Capítulo 2** é destinado à **fundamentação** e será dividido em três partes:

Na **primeira parte** faremos uma revisão bibliográfica nas metodologias de design, procurando identificar: (1) as **fases de design** nas metodologias propostas pelos autores e (2) o **posicionamento da utilização dos protótipos nessas metodologias**. A partir daí, apresentaremos uma metodologia que represente uma síntese das metodologias de design estudadas, através das “comunalidades” entre as fases definidas pelos autores. Essa nova metodologia gerada será utilizada no final de nosso estudo como referência estrutural das fases de design e orientará a aplicação dos protótipos em nosso “modelo de auxílio”.

Na **segunda parte** procuraremos estruturar um modelo de comunicação que possa adequar o uso dos protótipos como elemento mediástico. Esse modelo facilitará compreender a relação entre o modelo de comunicação tradicional, que usamos entre interlocutores, e o modelo intermediado por protótipos, que prevê outras atividades na preparação da informação, para que essa possa ser corretamente transmitida e interpretada pelos interlocutores. Esse modelo de comunicação deverá representar o fluxo dessas etapas e a função exercida pelos protótipos como elemento mediador dessa comunicação.

Na **terceira parte** apresentaremos dados de estudos que comprovam a necessidade humana de exteriorização do pensamento através de representações, fazendo com que ela seja **uma forma de ampliação das capacidades da memória de curta duração e diminuição do esforço mental**, servindo também para guardar informações que poderiam ser esquecidas e para o propósito comunicativo com os demais indivíduos.

O **Capítulo 3** é destinado ao **desenvolvimento** do estudo dos protótipos e será dividido em 3 partes:

Na **primeira parte** faremos uma conceitualização dos protótipos, trazendo uma visão ampliada sobre a sua definição. Apresentaremos um estudo sobre a cultura da prototipagem e sua influência nas organizações e discutiremos a sua utilização como ferramenta de comunicação dentro do processo de design.

Na **segunda parte** criaremos uma tipologia para protótipos, trazendo suas definições, formas de utilização e buscando exemplos para sua aplicação nas 3 principais áreas do design: produto, gráfico e digital.

Nessa parte discutiremos alguns conflitos de termos atualmente utilizados para classificação dos protótipos, algumas configurações de protótipos que não possuem clara definição de classificação e apresentaremos novos termos classificatórios a partir dos protótipos produzidos por novas tecnologias e com potenciais comunicativos diferenciados.

Ainda nessa parte, iremos dimensionar o potencial comunicativo de cada protótipo sobre 3 aspectos: **a funcionalidade, a usabilidade e a estética**. Para isso, faremos uma ampla coleta de dados nos estudos de diversos autores, procurando identificar o potencial comunicativo de cada protótipo. Utilizando a **técnica de análise do discurso**, iremos destacar a visão desses autores sobre esses potenciais e a partir daí criaremos **gráficos estatísticos relacionando o protótipo com os 3 aspectos citados**. Esses dados serão importantes para a estruturação de nosso modelo, pois permitirá definir qual o protótipo mais adequado para exploração e avaliação de cada um desses aspectos.

Na **terceira parte** classificaremos os protótipos sobre diversos aspectos: (1) Baseados nos níveis de comunicação (funcionalidade, usabilidade e estética), dimensionados anteriormente, (2) sobre a possibilidade de aplicação do protótipo em cada área do design (produto, gráfico e digital), (3) baseado no nível de fidelidade dos protótipos (baixa, média e alta) em relação ao produto final, (4) baseados no propósito e estágio do protótipo no processo de design e por fim, (5) baseado na audiência (especialista x não-especialista) esperada para interação com o protótipo.

Essa classificação servirá de base de dados para as operações que serão realizadas pelo nosso modelo de auxílio e ajudará a definir o protótipo mais adequado ao que se propõe.

O **Capítulo 4** é destinado à **realização** do modelo de auxílio e será dividido em 2 partes:

Na **primeira parte** faremos uma descrição do modelo e da lógica do seu funcionamento. Nessa parte serão apresentadas as fases utilizadas para classificação e filtragem contínua dos protótipos até a seleção do protótipo final, ou seja, o mais adequado ao que se propõe.

Na **segunda parte** faremos uma demonstração simulada do funcionamento do modelo para avaliar os resultados gerados.

2. Fundamentação

2.1. Metodologia de design

A metodologia de design é a aplicação dos conhecimentos advindos do estudo e da utilização de um conjunto de métodos, modelos e técnicas ao processo de design. A utilização da metodologia de design visa estabelecer o melhor caminho a ser seguido para se atingir um determinado objetivo.

Através das metodologias de design criadas ao longo do tempo podemos compreender aspectos condicionantes de cada período onde ela foi desenvolvida. Nasel está registrado o pensamento da época sobre a ordenação das tarefas, influenciadas por questões tecnológicas, sociais e culturais.

A seguir, listaremos algumas das principais metodologias de design, visando identificar o modo e a ordem como às atividades são desenvolvidas dentro do processo, e como está prevista a utilização de protótipos através de sua estrutura hierárquica de atividades:

- **Morris Asimov (1962)**

Fase Elementar

Viabilidade

Estabelecimento de necessidades

Identificação Formulação do problema

Criação de concepções gerais

Análise possibilidades concepções

Fase Preliminar

Seleção concepção

Formulação modelos

Desenvolvimento final do produto

Descrição subsistemas

Especificação

Construção experimental

Provas e testes

Análise

Otimização do produto

Fase produção / consumo

Planejamento da produção, distribuição,
consumo e ciclo de vida

- **Gui Bonsiepe (1978)**

Estruturação do problema

Descobrimento da necessidade

Valorização da necessidade

Formulação geral do problema

Formulação particular do problema

Fragmentação do problema

Hierarquização dos problemas Parciais

Análise das soluções existentes

Desenvolvimento

Desenvolvimento de alternativas

Detalhamento

Otimização solução adotada

Construção Prova | Protótipo | Modificação protótipo

Fabricação em pré-série

Realização do projeto

- **Bernd Loback (2001)**

Fase Preparação

Conhecimento do problema

Coleta de informações

Análise das informações

Fase de geração

Escolha dos métodos de solucionar

Problemas

Produção de idéias

Geração de alternativas

Fase da avaliação

Exame das alternativas

Processo de seleção

Processo de avaliação

Fase de Realização

Realização da solução do problema

Nova avaliação da solução

>projeto mecânico e estrutural

>desenvolvimento de modelos

>desenho técnico e de apresentação

- **Bruno Munari (2002)**

Problema

Definição do problema

Idéia

Componentes do problema

Coleta de dados

Análise dos dados

Criatividade

Materiais e Tecnologia

Experimentação

Modelo

Verificação

Desenho de construção

Solução

Através das metodologias é possível identificar algumas características comuns:

1 | Existe uma hierarquia base comum constituída de uma fase de estruturação do problema, geração de alternativas para solução do problema, análise e seleção de alternativas, detalhamento construtivo ou de fabricação. O quadro a seguir ilustra uma síntese das metodologias abordadas anteriormente.

Problema

Fase de contextualização e conceitualização

conhecimento do problema, coleta de informação, análise das informações
criação de conceitos, Escolha dos métodos, produção de idéias e de alternativas

Fase de desenvolvimento

Avaliação, seleção e desenvolvimento das alternativas

Fase de realização

Fase de detalhamento técnico, protótipo, documentação, implementação, ...

Solução

Quadro (01) síntese das fases do processo de design.

Na **Fase de contextualização e conceitualização**, está previsto a compreensão do verdadeiro problema ou necessidade projetual, ou seja, a principal motivação de todo processo. Para isso será necessário o uso de ferramentas que possam viabilizar o levantamento e análise dessas informações a partir de usuários, mercado, cliente, fornecedores, produtos similares... dados referentes ao ciclo de vida dos produtos, questões ambientais, recursos naturais,... dados referentes a cultura e sociedade, costumes, crenças, organização social,... dados referentes a tecnologia, viabilidade, compatibilidade,... e as considerações sobre as suas dinâmicas através de levantamentos históricos e tendências. Em alguns projetos o problema pode ser decomposto em subproblemas, para que possam ser trabalhados de forma simplificada separadamente. A partir da análise dos dados coletados serão definidos os requisitos projetuais preliminares.

Nessa fase está previsto também a geração das soluções preliminares de design a partir de requisitos gerados, usando técnicas como: *brainstorming*¹, *brainwriting*², caixa morfológica, biônica, método 635,... como metodologia de estímulo a criatividade. Nessa fase espera-se o surgimento do maior número possível de alternativas que atendam os requisitos preliminares definidos.

Na **Fase desenvolvimento**, está previsto o desenvolvimento de atividades que empreguem métodos de avaliação e seleção das alternativas geradas na fase anterior, baseados nos critérios preliminares estabelecidos na primeira fase. Nessa fase, serão realizadas experimentação e exploração de materiais e tecnologias e as alternativas inviáveis serão eliminadas. Nela critérios podem ser redefinidos e apenas a melhor ou as melhores deveram seguir o processo de desenvolvimento. Novos ciclos de design e avaliação estão previstos até que o projeto alcance um nível de definição mais elaborado e aí possamos seguir para a fase seguinte.

¹ Conhecido também como “tempestade de idéias”, É uma atividade desenvolvida normalmente em grupo para explorar o potencial criativo do indivíduo, a serviço de um objetivo.

² É uma variação do brainstorming, normalmente realizada na forma escrita.

Na **Fase de realização**, está prevista a construção de protótipos de alta fidelidade e documentação preliminar para ciclos finais de design e avaliação (com métodos verificação e validação). Nela faremos uma definição do produto, detalhamento técnico e documentação final, utilizando métodos de implementação e avaliação do processo produtivo, produção em pequena série, lançamento avaliativo do produto no mercado, análise final com usuários e o inicio da produção em larga escala.

É importante compreender que todas as fases do processo necessitam de entrada e análise de dados e definição de objetivos e que no método participativo, bastante aceito atualmente, está previsto a inserção do usuário em todas as fases de design. Dessa forma, precisaremos ter métodos de geração de design voltados para uma avaliação com usuários, para que possamos levantar os dados necessários à continuidade do projeto.

Para isso devemos compreender que as atividades básicas de design ocorrem em quatro etapas: (1) **identificação das necessidades e definição de requerimentos**. Considerando o método centrado no usuário, é muito importante a presença de interações no processo de design. (2) **Desenvolvimento de alternativas de design**. Esse é o coração da atividade de design. Segundo (Rogers, Sharp e Preece (2002) ela pode ser dividida em (a) design conceitual, que descreve o que o produto deverá fazer, como deverá se comportar e com que irá se assemelhar (b) design físico, que considera as cores, sons, aspectos visuais,... que o produto deverá ter. (3) **Construção de versões interativas do design**. É o mais lógico dos caminhos para obter avaliações com usuários. Para isso necessitaremos preparar o design para essa avaliação, com a construção de uma versão interativa do produto, que pode ser realizado através de diversos tipos de protótipos (papel, storyboard, mockup,...(veja detalhes capítulo 3 - protótipos). (4) **Avaliação de design**. O processo de avaliação determina a aceitabilidade e usabilidade de um produto ou sistema, através de uma grande variedade de métodos e critérios de avaliação que incluem o desenvolvimento de atividades com versões interativas de protótipos dos produtos.

A ergonomia tem dado sua grande contribuição através do estudo de métodos de avaliação com usuários, porém a metodologia de design voltada para a avaliação, ainda precisa evoluir muito. A prática cotidiana do design ainda está bastante desvinculada desse compromisso de gerar design para avaliar e isso faz com que problemas de incompatibilidade de sistemas e produtos sejam detectados apenas nas fases finais dos projetos, onde alguns métodos de inserção de usuários, como a avaliação com protótipos, são utilizados.

Possivelmente alguns dos pontos que dificultam essa inserção do usuário no processo sejam: a superficial definição do conceito de protótipo, o desconhecimento, por parte de alguns designers, dos vários tipos e métodos de utilização da prototipagem e a escolha do protótipo adequado a cada fase, área, propósito e estágio de design, considerando o seu potencial comunicativo.

Para Schrage (1996) os protótipos não são todos iguais, cada um tem um modo específico de construção e possuem funções específicas dentro do processo de design. O meio no qual será realizada a prototipagem influencia fortemente as tarefas e as ações dentro do processo de design.

Para Lansdale and Ormerod (1995), a construção de protótipos habilita uma imediata avaliação das potenciais vantagens e desvantagens para a melhor decisão de design em cada estágio.

Nesse sentido, visando aperfeiçoar o processo de inserção dos protótipos no processo de design e a própria metodologia de design. O nosso estudo pretende apresentar os métodos mais utilizados de prototipagem, os níveis de comunicação atendidos por cada tipo de protótipo e um modelo que facilite ao designer escolher o protótipo mais adequado a cada propósito e estágio do processo de design.

2 | A fase de modelos e protótipos está localizada nas fases finais do projeto. Isso pode ser confirmado também através de alguns trechos dos livros dos autores citados:

“... o último passo do processo de design é a materialização da alternativa escolhida...” **LOBACH (2001).**

“A construção do protótipo é importante para o desenvolvimento do produto, mas pode tomar um tempo muito grande, em relação ao valor que pode adicionar ao projeto”.

“Isso faz com que quase sempre o protótipo seja feito apenas na última fase do processo de design”. **BAXTER (1998).**

Nas metodologias citadas encontramos a fase de seleção das concepções antecipadas em relação à fase de geração de modelos e protótipos, dessa forma podemos prever que alternativas são geradas e escolhidas sem a utilização dessa ferramenta de auxílio. A partir daí podemos questionar:

1 | É possível escolher a melhor opção de design sem o uso de um protótipo adequado?

2 | Que tipo de protótipo é mais adequado para cada fase, área, propósito e estágio do processo de design?

3 | O que cada de protótipo comunica?

No final do século XX, temos observado uma mudança gradual do foco e definições de design passando de centrado no produto e na sua qualidade intrínseca (através de selos de qualidade), passando para o design centrado no usuário e em seu modelo mental. O objetivo principal agora é fazer com que produto possa atender 3 necessidades fundamentais: (1) Utilidade (2) Usabilidade (3) Qualidade desejável (Sanders, 1992).

Assim podemos destacar as seguintes definições de design:

Para Lobach (2001) o trabalho do designer industrial consiste em encontrar uma solução do problema, concretizada em um projeto de produto industrial, incorporando as características que possam **satisfazer as necessidades humanas** de forma duradoura.

O autor define ainda o design industrial como um processo de **adaptação dos produtos de uso**, fabricados industrialmente, **as necessidades físicas e psíquicas dos usuários ou grupo de usuários**.

Segundo o autor o designer industrial ainda hoje é pouco informado sobre os futuros usuários de seus produtos e não tem informações seguras sobre suas necessidades, por serem normalmente parciais, regidas por critérios práticos, limitadas aos interesses das empresas produtoras ou obtidas em segunda mão.

Podemos definir que a atividade do designer ocorre principalmente entre duas etapas: design e avaliação. Dessa forma, a fase de design é intimamente ligada à fase de avaliação e será fortemente influenciada pela audiência prevista para ela. Nesse momento, encontramos um ponto chave dessa atividade prática interativa, o que fazer, porque e como? A escolha do que devemos fazer em cada fase de design, as respostas que precisamos obter e o melhor método a ser usado para obter essas respostas será a grande questão a ser respondida.

Dessa forma podemos entender que o esclarecimento de questões referentes aos usuários será um dos pontos principais do processo de design. Ao preparar o design para a avaliação estamos projetando a própria inserção de dados desses usuários no processo de design, e isso necessitará um planejamento do uso e das ferramentas adequadas.

Lobach (2001) define que o homem é parte de um sistema de interações e que no contexto de conduta social existem duas formas marcadamente distintas de relações humanas: (1) As relações humanas que se desenvolvem por meio de conduta – Palavra, mímica, gestos,... (2) **Relações “objetualizadas” que se vivem com os objetos.**

Dessa forma, fica evidente uma relação comunicativa indireta entre os indivíduos por intermédio de objetos, ou seja, a materialização seria uma forma de comunicação.

No processo de design os protótipos assumem essa importante função comunicativa, fazendo com que o domínio da sua utilização possa ser um fator determinante para o sucesso ou fracasso de um produto.

Para Harker (1987), protótipos possuem uma importante função no sistema de design centrado no usuário, a partir do momento que isso habilita designers e usuários a comentar sobre uma interface proposta, antes do sistema ser desenvolvido em sua forma final, fazendo com que possamos reduzir a possibilidade de insatisfação por parte dos usuários.

Para Gladden (1982) objetos físicos e protótipos podem dar mais informações aos designers do que escrever especificações. Rogers, Sharp e Preece (1992) dizem que os protótipos ajudam designers na escolha entre as alternativas de projeto.

Utilizar protótipos permite verificar vários aspectos importantes no processo de design: (1) conceitos confusos, (2) terminologia pobre, (3) falta de feedback, (4) problemas de layout, (5) interface imprópria ao uso, (6) falta de conhecimentos dos requerimentos dos usuários, (7) análise das preferências dos usuários, (8) escolha de uma alternativa de design, (9) verificação de aspectos do contexto social,....

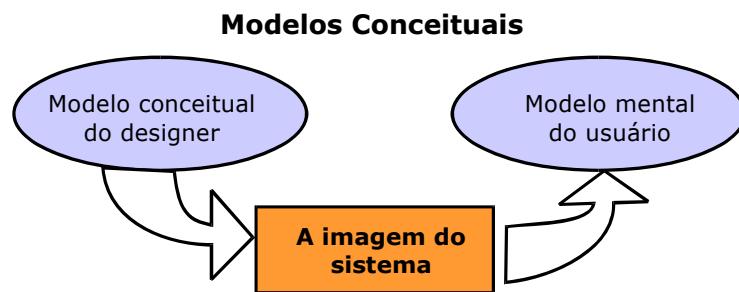
Dessa forma, podemos entender que a utilização dos protótipos pode ser considerada uma das principais ferramentas de auxílio ao design, principalmente pelo grande potencial facilitador de comunicação. A seguir, abordaremos exatamente esse aspecto comunicativo dos protótipos e a sua utilização como **elemento mediástico**, ou seja, mediador da comunicação entre interlocutores, além de todos os estágios previstos para a codificação e decodificação da informação entre as fases de design e avaliação.

2.2. Comunicação

2.2.1 Comunicação intermediada por protótipos

Ao desenvolvemos protótipos estamos dando forma a um conjunto de pensamentos. Através deles, um interlocutor materializa o seu conceito para que possa ser melhor compreendido, explorado, comunicado e avaliado por um outro interlocutor, que pode vir a ser ele próprio. Esse signo precisará ser corretamente codificado e decodificado (significado) para que possa ser compreendido como informação. Essa informação será responsável pela tomada de decisão dentro do processo de design e poderá ser definitiva para a avaliação e escolha de uma alternativa que seguirá adiante ou que será descartada.

Protótipos habilitam os designers e os usuários a estabelecer um vocabulário comum, viabilizando ajustar as características desejadas para o produto. Assim, podemos dizer que o protótipo permite compatibilizar os modelos conceituais de ambos, usuários e designers, para que possa ser desenvolvido o “bom” design.



Quadro (02) Modelo conceitual de Donald Norman (fonte: Norman, 2004).

Nesse modelo de Donald Norman, temos como situação ideal a imagem do sistema formado pela igualdade entre o modelo conceitual do designer e o modelo mental do usuário. Isso irá depender da compreensão por parte do designer da forma como os usuários interpretam, usam e buscam informações no sistema e da capacidade do designer de transferir essas informações para a imagem do sistema. Nesse momento, os designers recorrem aos protótipos exatamente para compreender essa relação.

Segundo Rizzo et al (1997) mesmo que estejamos habilitados a seguir um objetivo e realizar nossa intenção, existem casos onde, durante a atividade, podemos ajustar o caminho ao interagirmos com o contexto, e isso dependerá também de cada ação que realizou e cada resultado que conseguiu.

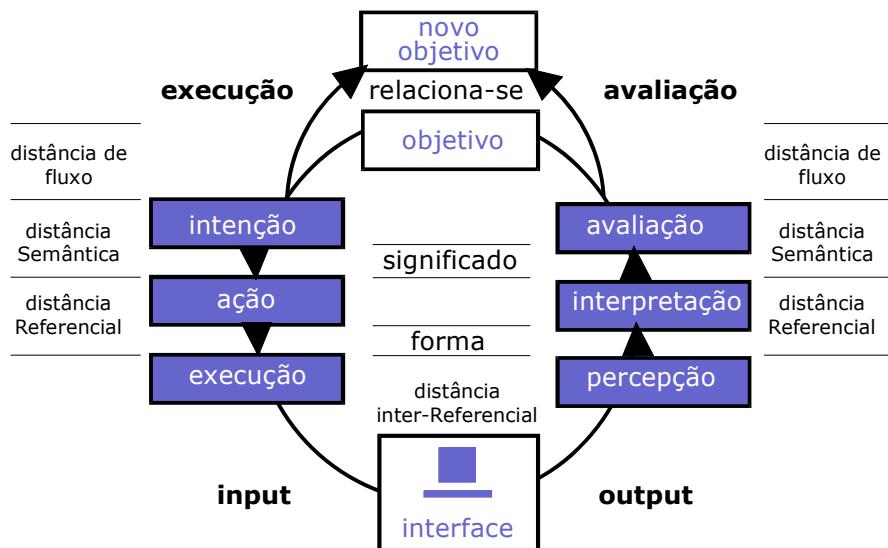
Dessa forma ao desenvolvermos protótipos estamos estabelecendo uma conexão entre o pensamento e o contexto, o que permite reajustar a cada interação novos pensamentos e novos caminhos de design.

Norman (1988) define um modelo com os sete estados da ação. O modelo nasce de um raciocínio bastante simples, para considerar algo como concluído é necessário iniciar o processo sabendo o que está pretendendo executar, ou seja, tendo um (1) **objetivo**. Para isso será necessário (2) **executar** uma ação no mundo, que deverá modificar você mesmo, alguém ou alguma coisa e depois (3) **avaliar** se o objetivo foi concluído, ou seja, comparar o que aconteceu no (4) **mundo** com aquilo que desejávamos que acontecesse (**objetivo**). Para **executar** uma **ação** é necessário ter uma **intenção** gerada a partir de um **objetivo**. Dessa forma, teríamos a seguinte hierarquia do (2) **executar**: **Objetivo > intenção > ação > execução**. Por outro lado, para **avaliar** o resultado da execução é necessário ter uma **percepção** que deverá ser **interpretada** de acordo com a sua expectativa e **avaliada** através da comparação com a sua **intenção** e **objetivo** inicial. Dessa forma, teríamos a seguinte hierarquia do (3) **avaliar**: **percepção > interpretação > avaliação**. Criando a seguinte relação apresentada no modelo de Norman (quadro 03):



Quadro (03) Modelo de Norman com os sete estados da ação (fonte: Norman, 1988).

Segundo Rizzo et al (1997), o modelo da ação humana de Norman anterior a esse de Hutchins, Hollan and Norman (1986), já promovia um profundo e simplificado quadro teórico de design e avaliação. Nele, já estavam definidos alguns dos passos básicos para a análise da interação humana com artefatos. O modelo descrevia apenas cinco estágios durante o processo de interação: Objetivo, intenção, ação, percepção e avaliação, e três definições de distância entre os estágios: distância semântica, referencial e inter-referencial. Baseado nos modelos de Norman, Rizzo propõe o seguinte modelo modificado.



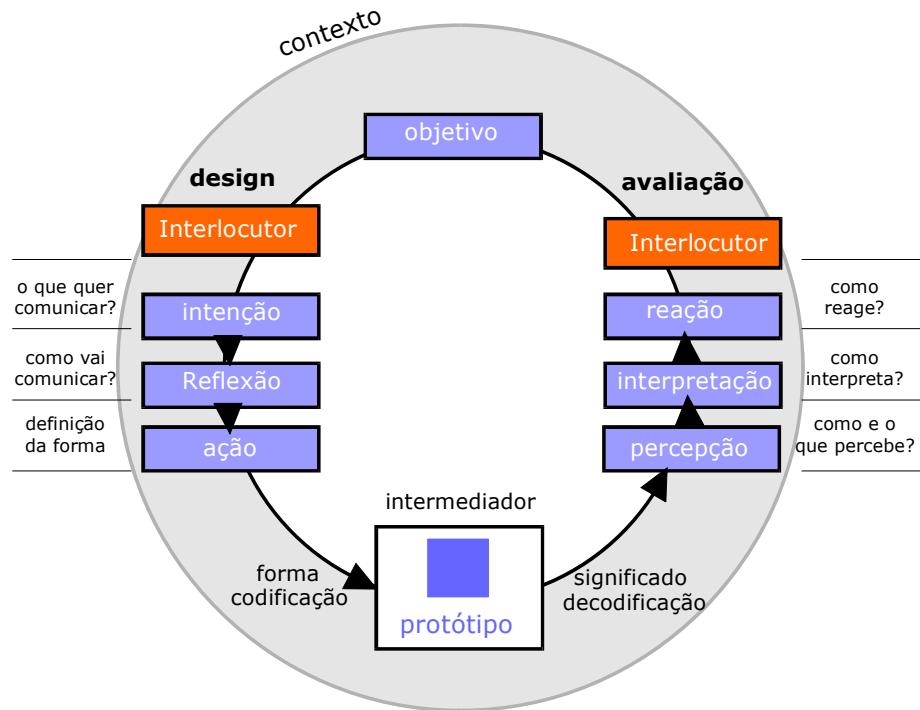
Quadro (04) Modelo de ação humana de Norman com modificações (fonte: Rizzo, 1997).

Segundo Rizzo et al (1997), a distância cognitiva presente no modelo de Norman indica a quantidade e a qualidade de informação necessária para completar o espaço entre dois estágios, ou seja, a quantidade de informações que precisamos ter para tomar decisões, que podemos exemplificar na passagem da intenção para uma ação (primeiro nível da execução no modelo de Norman). Outra visão é que a distância cognitiva refere-se à quantidade de esforço mental necessário para transpor as informações apresentadas pelo sistema (no nosso caso, o protótipo) em relação ao modelo mental adotado pelo usuário. Em ambos os casos, as distâncias cognitivas se apresentam de forma referencial e semântica.

Podemos compreender **distância referencial de saída** (output), como sendo a quantidade de esforço mental necessário para traduzir a informação apresentada pelo sistema ou produto em informações nas quais permitam o usuário entender o significado. E a **distância referencial de entrada** (input), como a compreensão do significado que cada ação física do usuário pode produzir no sistema.

Podemos compreender a **distância semântica de saída** (output) como: a quantidade de processamento humano de informações necessárias para traduzir o significado da saída de uma ação a partir da intenção que era desejada, e a **distância semântica de entrada** (input) como o interesse das relações entre a intenção dos usuários e o significado das ações que são possíveis na linguagem do produto ou da interface.

Visando facilitar o nosso estudo e a compreensão, estruturaremos um **modelo de comunicação intermediada por protótipos** a partir do desdobramento do modelo de Norman e Rizzo.



Quadro (05) Modelo da comunicação intermediada por protótipos.

Nesse modelo de comunicação intermediada por protótipo, definimos duas fases principais do ciclo iterativo: a **fase de design** e a **fase de avaliação**. Elas aparecem intermediadas por um protótipo, que terá no modelo o status de elo de comunicação entre os interlocutores.

A fase de design é dividida em 3 etapas a partir de um objetivo inicial. Na etapa de **Intenção**, definimos o que desejamos compreender, explorar, avaliar ou comunicar, na de **Reflexão**, definimos a melhor forma para realizar essa comunicação e na de **Ação**, partimos para a materialização do protótipo a partir da intenção e reflexão anterior.

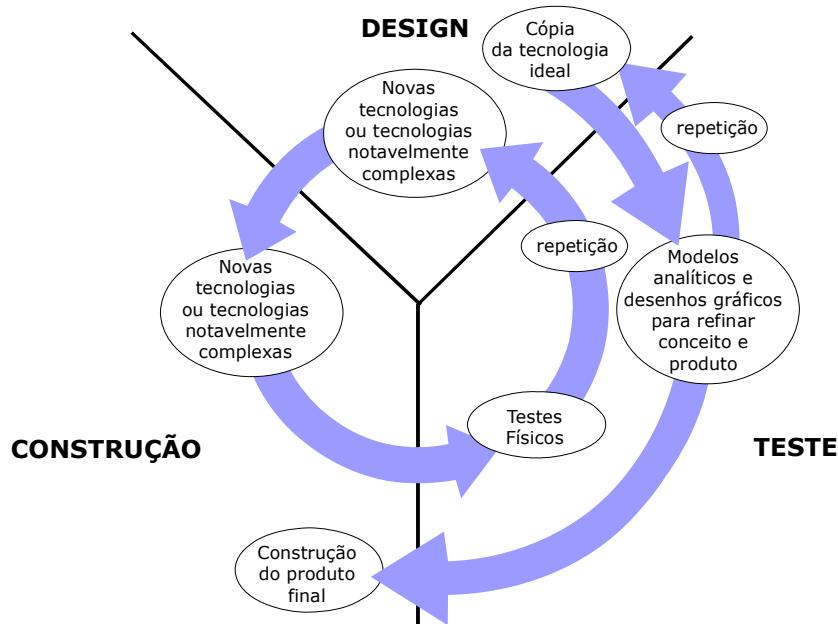
A fase de avaliação por sua vez também é dividida em 3 etapas: Na etapa de **percepção**, ocorre a detecção da mensagem, na de **interpretação**, ela é compreendida e na **Reação**, ela gera a resposta que pode ser positiva ou negativa, em uma avaliação comparativa com objetivo inicial, e que pode a partir daí gerar novos objetivos em contínuo ciclo iterativo até que o objetivo final seja alcançado.

Sendo assim, podemos definir “**ciclos iterativos**” no processo de design como sendo: *ciclos repetidos que ocorrem entre as etapas de design e avaliação que geram uma mudança ou reavaliação do objetivo de design ou confirmam o desdobramento do objetivo inicial..*

Por fim, o **contexto** representa todos os agentes externos que influenciam o processo, como os limitadores, a fase, o estágio e o propósito de design, os agentes sociais, culturais, econômicos e políticos, entre outros.

Para Moggridge (2006) o processo de design não ocorre na forma de um sistema de diagrama linear, nem girando em movimentos circulares através de interações, se assemelhando com um jogo realizado com bolas e pinos no fliperama, aonde os pinos podem arremessar a bola rapidamente em diferentes direções. Na nossa visão, uma das principais finalidades dos ciclos interativos é exatamente essa, confirmar um objetivo ou revelar novos, sendo assim, acreditamos que o processo de design ocorre sim, através de ciclos interativo com protótipos e esses podem ser considerados como uma das principais atividades do processo de design.

Outros autores também consideram os ciclos iterativos no mesmo caminho da nossa definição. Abaixo apresentamos o gráfico dos “ciclos de avaliação de design” de Ullman (1997) que permite ilustrar os objetivos e contribuições desses ciclos iterativos para o processo de design.



Quadro (06) ciclos de avaliação de design (fonte: Ullman, 1997).

Segundo Ullman (1997), modelos físicos ou protótipos de prova de conceito podem ser avaliados através de demonstrações de comportamento. Essas provas podem ser comparadas com os requerimentos funcionais ou através da apresentação de sua forma, que podem ser comparados por sua vez com as restrições formais. O autor cita que embora existam tecnologias que

possam realizar vários testes analíticos da forma e da funcionalidade, através de ferramentas matemáticas ou em sistemas de realidade virtual, um modelo físico ainda deverá ser explorado.

Rudd, Stern e Isensee (1996), compreendem que o uso de protótipos em um processo de design iterativo promove um refinamento e otimização através de discussões, exploração, testes e revisões iterativas. As experiências de muitos designers indicam benefícios do uso dos protótipos também para o desenvolvimento e avaliação das interfaces dos usuários.

Para estudar essas relações interativas no processo de design, surge a disciplina “***interaction design***”. Para Moggridge (2006), Existem forças e pólos que permitem distribuir as disciplinas de design entre o **design físico** e **design digital** e entre **fatores humanos/subjetivos** e **fatores técnico/objetivos**. Essas forças formariam dois eixos e nos espaços entre eles seriam formados quadrantes (como em um plano cartesiano). Para o autor, ***interaction design*** seria uma disciplina que estaria posicionada no quadrante formado pelo eixo do **design digital** com os dos **fatores humanos e subjetivos**. Isso leva o autor a definir ***interaction design*** como sendo, “o design dos aspectos subjetivos e qualitativos de todas as coisas que estão entre o digital e o interativo, criando projetos que sejam úteis, desejáveis e acessíveis”. Na nossa visão, ***interaction design*** é posicionada além do digital, e se revela com sendo, **o uso de artefatos (físicos ou digitais) e recursos humanos, com intuito de promover interação entre humanos ou entre humanos e artefatos, visando comunicar, compreender, experimentar e avaliar aspectos do design**, ou seja, não se limita ao meio digital como propõe o autor.

Nesse item foi apresentada a importância dos protótipos como ponte de comunicação entre as fases de design e de avaliação. No próximo item veremos que a exteriorização do pensamento em forma de representações, como protótipos, vai além da possibilidade comunicativa, ela visa ampliar a capacidade da memória de curta duração e diminuir o esforço cognitivo de nossa mente, liberando-a para desenvolver outras operações a partir da análise das informações codificadas nos protótipos.

2.2.2. Processamento de informação

Alguns estudos realizados apresentam através de seus resultados uma justificativa para a necessidade de representação externa como forma de ampliação de nossas capacidades mentais e habilidades cognitivas. Dessa forma, a elaboração de esboços, diagramas, mapas, notas, modelos etc. tem por finalidade básica permitir “externalizar” dados que dificilmente poderiam ser analisados através de processos mentais, além de outras finalidades como: guardar informações que não desejamos que sejam esquecidas e comunicação de idéias com as demais pessoas.

Para Norman (1993), a combinação das representações externas e ferramentas físicas, possuem uma grande importância para extensão e apoio da habilidade das pessoas para realizar atividades cognitivas.

Ullman et al (1990) destaca alguns pontos importantes do uso de representações no processo de design:

- (1) designers preferem o desenho como forma de representação dos objetos de design, ao invés de outras formas como texto e propostas. Talvez isso explique por que designers procuram sempre utilizar diagramas para representar estruturas de pesquisas ou caminhos para solução de problemas ao invés de apenas texto.
- (2) Sketches³ possuem propriedades que os drafting⁴ formais não possuem. Segundo a teoria (Herbert's Theory), apresentada por Ullman, sketches funcionam como extensão da memória para imagens visuais presentes ou formadas no cérebro do designer. Dessa forma, desenhos informais podem ser feitos mais rapidamente que desenhos formais o que permite uma melhor manipulação de idéias.
- (3) Desenho é uma extensão necessária para o imaginário visual no processo de design. Sem os dados da representação externa os designers podem não compreender o problema substantivamente. Dessa forma, o desenho é uma extensão para a limitada habilidade humana em visualizar objetos em seu cérebro.
- (4) O desenho é uma transformação da imagem do produto existente no cérebro para outro meio externo, através de técnicas de representação. Dessa forma, existe uma relação de correspondência entre dois vocabulários (interno e externo), assim o meio utilizado para representar uma idéia (desenho, modelo 3D, desenho CAD,...) influencia essa correspondência e requer uma implementação para a realização da transformação.
- (5) Desenhos utilizam e determinam uma unidade cognitiva usada na formulação da imagem mental. Dessa forma, existe uma relação direta

³ Termo em inglês usado para os desenhos informais

⁴ Termo em inglês usado para os desenhos de Representação técnica

de dependência entre a estrutura e conteúdo do desenho em relação à imagem mental e como ela é formada no cérebro (Ullman chama isso de “Cognitive Chunks”).

Para Rogers, Sharp and Preece (2002) o principal objetivo é explicar os benefícios cognitivos em usar diferentes representações para diferentes atividades cognitivas e processos envolvidos. As principais delas segundo as autoras são:

(1) **Externalisamos para reduzir o peso na memória.** Inúmeras estratégias têm sido desenvolvidas para reduzir o uso da memória. Podemos citar: o uso de agendas, diários, listas de compras, *post-it*⁵... que permite-nos saber o que precisamos fazer a cada momento.

(2) **Para evitar uma sobrecarga computacional.** Esse processo ocorre quando utilizamos ferramentas ou equipamentos em conjunto com representações externas. Podemos citar como exemplo: a realização de cálculos simples como: 2x4, podem ser resolvidos mentalmente, ao passo que cálculos complexos como: 237x315, necessitam o uso de calculadoras ou lápis e papel para serem completadas, evitando a carga de esforço mental.

(3) **Para reconstituição cognitiva e adição de comentários.** Outra necessidade de externalizar através de representações é para que possamos ter a possibilidade de refletir sobre elas e acrescentar outros elementos como: notas, marcas, e outros detalhes que adicionem valor a representação e ao pensamento. Podemos citar como exemplo: a reorganização de listas e estruturas realizadas, o sublinhar de pontos mais importantes em um texto,...

Ullman (1997) explica: os métodos de design que tem utilizado e os conhecimentos que tem adquirido durante o trabalho, tem sido refinado através de suas experiências pessoais. Grande parte dessas experiências tem sido adquirida através de experimentos, durante a construção de protótipos. Isso faz com agente possa compreender o seguinte: se os produtos podem passar por várias gerações de refinamento até atingir o ponto de maturidade e se esses experimentos ajudam a construir novas experiências pessoas, eles nos fazem designers mais experientes.

O Autor explica que durante o processo de design ao depararmos com um problema novo, no qual não encontramos solução na memória de longa duração (LTM), usamos 3 estratégias: (1) decomponemos os problemas em subproblemas, (2) tentamos encontrar soluções para esses subproblemas e depois (3) recombinamos as soluções para formar uma solução. Essas operações criativas são conhecidas como: decomposição e recombinação de pedaços cognitivos. Depois, essas soluções precisaram ser comparadas com

⁵ É um pequeno papel adesivo de fácil remoção, usado para deixar lembretes. Foi inicialmente criado pelo norte-americano Art Fry em 1977.

outros modelos para que possamos tomar decisões. Nesse momento as representações externas novamente facilitam a realização dessa atividade.

Alguns dos aspectos estudados por Norman e Rogers e algumas das hipóteses defendidas por Ullman, sobre processamento de informações, podemos avaliar através de um experimento em sala de aula com alunos durante uma disciplina de representação técnica:

Em uma **primeira etapa** solicitamos aos alunos que a partir de um cubo de lado 10 cm, realizassem subtrações no volume a fim de compor um novo modelo 3D. Nesse momento, os alunos recorreram a esboços em papel para compreensão e comunicação aos colegas da forma gerada, a partir das subtrações nesse modelo imaginário. Esse fato se adequa à hipótese de Ullman que define que o desenho é a forma preferida de representação inicial dos objetos e ainda uma extensão necessária para compreensão e comunicação da forma iniciada no imaginário visual.

Em uma **segunda etapa**, foi solicitado aos alunos que desenvolvessem um modelo físico tridimensional em papel cartão que deveria representar o modelo proposto através da planificação e montagem da forma. Nesse momento, houve uma constante consulta aos esboços realizados para compreensão da forma original e tradução dela para o formato planificado. Novas consultas foram realizadas constantemente através de montagens preliminares para verificação da composição do volume dessa forma que havia sido planejada. Sendo condizente com a hipótese de Ullman e defendida também através de estudos de outros autores que tratam de modelos mentais, sobre a limitação da capacidade da memória de curta duração, onde seriam estruturadas as imagens visuais.

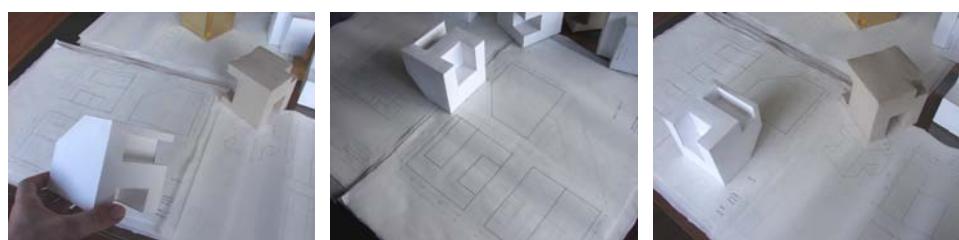


Figura (1) imagens de volumes desenvolvidos por alunos na disciplina de desenho técnico (2006).

Em uma **terceira etapa** foi solicitado aos alunos que desenvolvessem representações técnicas ortogonais e perspectivas destes volumes. Observamos uma constante consulta ao modelo para leitura, compreensão e tomada de decisão em relação ao exercício solicitado. Novamente mostrando a importância das representações como meio de informação e tomada de

decisões, através da análise comparativa entre o modelo mental e o modelo físico.

Após o término desses exercícios, que ocorreram durante 3 aulas, com a duração de 4 horas (cada), passamos um questionário de respostas livres com as seguintes perguntas:

- (1) Como a construção e a utilização do modelo tridimensional auxiliou o processo de aprendizado de representação técnica? Explique.
- (2) Quantas vezes, em média por desenho, acredita ter utilizado o modelo para realizar consulta em cada uma das representações técnicas realizadas? Explique a forma como realizou a consulta.

8 alunos responderam os questionários e os resultados das respostas à pergunta (1) são as seguintes:

“a caixinha foi fundamental para execução dos exercícios em classe. Sempre que eu ficava em dúvida eu olhava para caixa. Auxiliou muito para visualizar os cortes internos e também para identificar as vistas superior, lateral e frontal. O processo de montagem também foi bastante interessante”

“auxiliou a medida que possibilita a fácil visualização do modelo a ser representado sob qualquer perspectiva”

“no momento que se constrói um modelo as impressões sobre dimensão e proporção ficam mais evidentes, o que facilita muito o aprendizado”

“como no desenho de observação, o modelo é a prova fiel do que vai ser desenhado. A construção cria uma maior intimidade com os detalhes do modelo. A utilização do modelo auxilia tanto na verificação quanto na explicação do professor e ainda na discussão entre alunos”

“o modelo tridimensional auxiliou na compreensão da forma e na localização de suas particularidades (fendas, recortes, abstrações, curvas).”

“é mais fácil visualizar as representações quando você observa o objeto tridimensional e não apenas imagina ou desenha”.

“com as representações tridimensionais, as vistas ficam mais detalhadas e o entendimento se torna mais fácil”.

Alguns aspectos podem ser observados através das respostas dadas pelos alunos: (1) o modelo 3D serve para auxílio à visualização e compreensão da forma (2) atua como facilitador de aprendizado (3) existe uma dificuldade de formação de modelos tridimensionais apenas na mente, justificando a necessidade de uma representação e consulta externa ao modelo tridimensional.

Em relação à pergunta (2), as respostas são as seguintes:

“muitas...é preciso verificar todas as reentrâncias do desenho”

‘Várias vezes, porque haviam cortes no objeto, tínhamos que ficar verificando para saber se as projeções estavam certas. Foram pelo menos 5 vezes por desenho’

“Várias. Como em cada representação teve-se que desenhar cada lado, pelo menos uma vez”

“Utilizei o modelo pelo menos 3 ou 4 vezes por desenho para mediação e conferimento da representação 3D em meio 2D.”

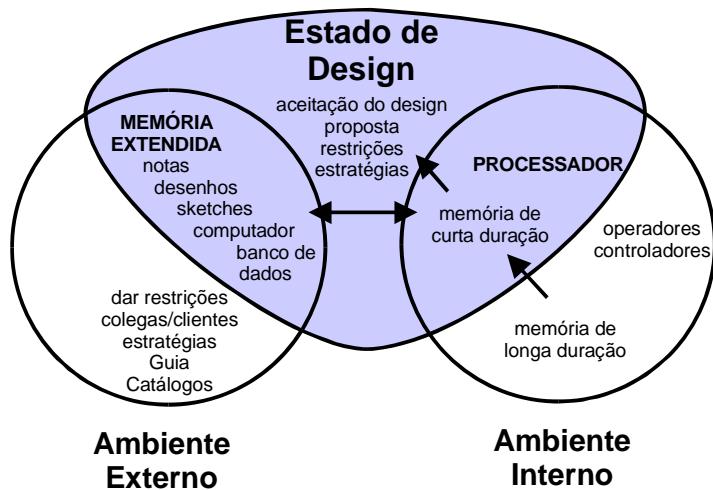
“em média de 10 a 15vezes por desenho. Colocando-o nas posições necessárias e servindo de base para calcular as proporções para os desenhos”

“observei o modelo em média, duas vezes para cada desenho”

“considerando que o modelo tem seis faces, com um corte cada, houve uma média de 18 consultas ao modelo para cada representação...”

Alguns aspectos podem ser observados através das respostas dadas pelos alunos: (1) em média, houveram 7 consultas aos modelos por desenho (2) a quantidade de uso do modelo 3D pode ser justificada para reduzir a carga de informações na mente, liberando para outras operações.

O Modelo cognitivo de Newell e Simon (1972). Apresenta o ambiente do sistema de processamento de informações do design (IPS). (quadro 07)



Quadro (07) modelo cognitivo de Newell e Simon (fonte: Newell e Simon, 1972).

No modelo apresentado existe um espaço do processamento interno (ambiente interno), dentro do cérebro do designer e o espaço do processamento externo (ambiente externo), fora do cérebro do designer. No espaço interno, encontramos dois gêneros de memória: a memória de curta duração (STM), responsável pelas informações utilizadas para as operações de design, segundo estudos, rápida, porém limitadas a sete unidades cognitivas ou pedaços de informações simultâneos, e memória de longa duração (LTM), que possui conceitualmente capacidades infinitas, porém com baixa velocidade de acesso. Guardada as devidas proporções, se compararmos com um computador, poderíamos dizer que a memória de curta duração (STM) seria a memória RAM (com menor espaço e acesso mais rápido) e a memória de longa duração (LTM) seria um disco rígido (com mais espaço e acesso mais lento). Essa região da memória é responsável pelo processamento dos operadores e controladores do processo de design. Operadores esses, responsáveis pela resolução de problemas de design. No espaço externo, que chamaremos de “memória externa”, encontramos diversos meios de armazenamento do estado de design, que incluem as representações gráficas como: sketches, anotações, storyboard, protótipos virtuais, protótipos físicos,...

O nosso objetivo através da análise desse modelo é: compreender o fluxo de informações entre esses ambientes (memória STM, LTM e “memória externa”) e a função do desenho nesse contexto dentro do processo de design.

Segundo estudos de Kosslyn apud Ullman (1990), a memória de curta duração (STM) funciona como um buffer de imagens (reservatório de imagens), sendo responsável pelo processamento de informações a partir do olho durante a percepção e a partir do olho e da memória de longa duração durante a geração e manipulação de idéias. Já na memória de longa duração (LTM), são armazenados dois tipos de informações sobre o imaginário visual

dos objetos: fatos sobre os objetos (incluindo tamanho, funções, encaixes,...) e a codificação da sua aparência visual (pontos mais importantes que serão armazenados no “buffer” visual).

Sabendo que a memória de curta duração (STM) possui capacidades limitadas e o acesso à memória de longa duração (LTM) é lenta, a representação externa pode ser utilizada como uma estratégia para ampliar e dinamizar o uso da memória de curta duração visando expandir as capacidades do imaginário visual durante o processo de design. Dessa forma, entendemos que executar uma representação de forma rápida, facilita o desempenho do pensamento durante o processo de design e que a realimentação da memória de curta duração (STM) com essas informações geradas em nossa “memória externa”, em um processo de troca, possibilita uma melhor visualização e compreensão dos problemas e soluções de design. Nesse sentido, a representação externa confirma um papel ainda mais importante no processo de design, estender as capacidades do designer.

Ainda devemos entender que a memória de longa duração (LTM) é responsável pelo armazenamento de partes do processo de design, que necessitem ser recuperadas posteriormente e que poderão realizar trocas com novas informações presentes na memória de curta duração (STM), que por sua vez podem ser obtidas a partir de informações codificadas nos protótipos.

Na próxima sessão, abordaremos de forma mais completa o uso dos protótipos no processo de design e realizaremos classificações que nos auxiliem a compreender melhor os níveis de comunicação e a sua adequação ao processo de design.

3. Protótipos

3.1. Conceito

O termo protótipo possui significados um pouco diferenciados para cada área profissional. Para um designer de produto, pode ser a configuração do produto em sua escala real com o mesmo material, acabamento e funcionalidade. Animadores podem chamar seus storyboards de protótipos de seus filmes ou vinhetas. Designers de interface podem utilizar o termo para simular digitalmente a sua tela. Programadores chamam os testes dos programas de protótipos. Desenvolvedores de software consideram protótipos pré-release dos softwares desenvolvidos. Engenheiros de produção podem utilizar o termo para o primeiro produto fabricado em uma linha de produção.

Epistemologicamente, protótipo seria a materialização do conhecimento. Literalmente significa: “o primeiro de um tipo”. Segundo Baxter (1998), no processo de design de **produtos**, a palavra se refere aos dois tipos de representação: (1) no sentido mais preciso, refere-se a representação física do produto que será produzido industrialmente, (2) no sentido mais lato, refere-se a **qualquer tipo de representação física construída com o objetivo de realizar testes físicos**.

Genericamente diversos autores em todo o mundo se dirigem as etapas de representação de características de um produto ou sistema através do termo prototipagem (prototyping), dividindo-os de acordo com o nível de fidelidade (baixa e alta fidelidade), conforme será apresentado adiante no item 3.31. Dessa forma: sketches, mockups, modelos e protótipos tradicionais, são tratados como tipos de protótipos com diferentes níveis de fidelidade.

Para Jones e Marsden (2006) não existe uma regra para definição de protótipo, o principal é que isto expresse uma idéia de design.

O dicionário Oxford Advanced Learner's, define que *protótipo é o primeiro ou original exemplo de alguma coisa criada, copiada ou desenvolvida; isto pode ser um modelo ou uma versão preliminar*. Dessa forma, não fica definido que se trata apenas de um protótipo totalmente funcional, principalmente quando se fala em *versão preliminar* e nem que deve ser físico.

No dicionário Babylon (que usa a Britannica Concise Encyclopedia), **prototyping** é descrito como: “*creation of a model (1), act of constructing an original sample (2)**”.

(1) **model** é descrito como: “*ideal, serving as an example, worthy of emulation*” “*example, pattern, template, exemplar; one who models (clothing, etc.); one who sits as a subject for an artist; replica, miniature; paragon, ideal*” e “*display; example, exhibit; mold, design, shape*”.

(2) *sample* é descrito como: “*example; specimen, small part of something; representative part of a larger group*” ou “*take a small portion of something as a specimen; determine the quality of something by testing a specimen*”.

Dessa forma, o termo *prototyping* é traduzido nesse dicionário como: “criação de um modelo, ato de construir um exemplar original”, relatando o uso de modelos ideais de exemplo ou demonstração realizado através da construção de pequenas partes de alguma coisa, como amostra para determinar a qualidade de alguma coisa, através de testes ou simulação realizados em um exemplar. Dessa forma, o protótipo não está limitado a algo físico, nem a uma representação de todas as características de um produto.

Kai, Fai e Chu-sing (2003) tem a mesma visão sobre o assunto, para se criar uma definição geral que possa cobrir todos os aspectos do significado da palavra protótipo no processo de design, esse deveria ser definido de uma forma livre como: “uma aproximação do produto, do sistema ou de seus componentes de alguma forma para o claro propósito de implementação”. Isso inclui todos os tipos de protótipos usados no processo de desenvolvimento de produtos: sketches à lápis, modelos de espuma e protótipos físicos funcionais aproximados de um produto final. Nesse caso, a prototipagem seria o processo de geração desses protótipos, que pode ser realizado em computador ou através do processo de construção de um protótipo funcional (entendido como sendo físico).

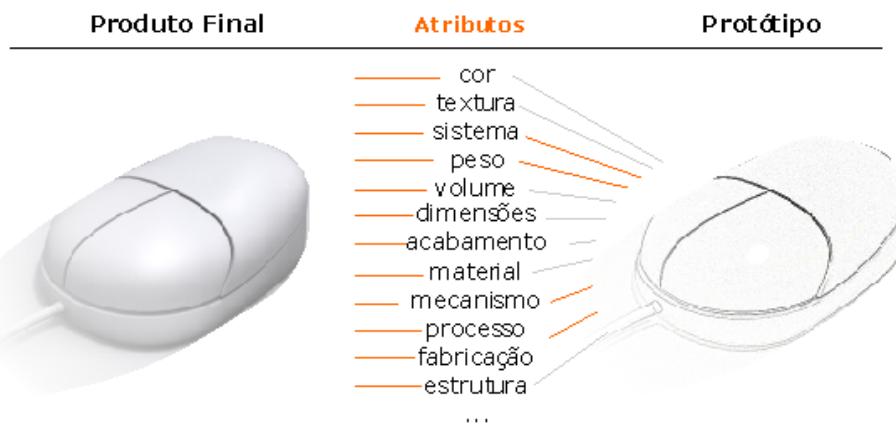
Uma questão igualmente importante é saber que características desejamos comunicar e avaliar através do protótipo? Com essa visão podemos ter protótipos que explorem características como: peso, volume, proporção, acabamento, textura, cor, material, tecnologias,... isso irá depender da finalidade do protótipo.

Para Rogers, Sharp e Preece (1992) protótipos podem ser baseados no desenho de uma tela, feito em papel, imagem eletrônica, simulação de vídeo de uma tarefa, um mockup de papel ou cartão ou uma peça moldada em metal.

Costuma-se definir os protótipos de acordo com a ferramenta utilizada para a sua produção, como: protótipo de papel, protótipo virtual,... ou de acordo com o seu nível de acabamento: alta fidelidade, baixa fidelidade,... (Hould & Hill, 2004). Contudo, mais importante que o processo de produção ou o nível de acabamento, é entender o que se deseja comunicar e avaliar com o protótipo, para que possamos explorar corretamente as características desejadas durante a sua construção.

Para nossos estudos adotaremos a seguinte definição de protótipo.
Artefato físico ou digital desenvolvido para compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido.

A partir dessa definição podemos estruturar a seguinte relação entre o produto final e o protótipo:



Quadro (08) ilustração para a definição de protótipos

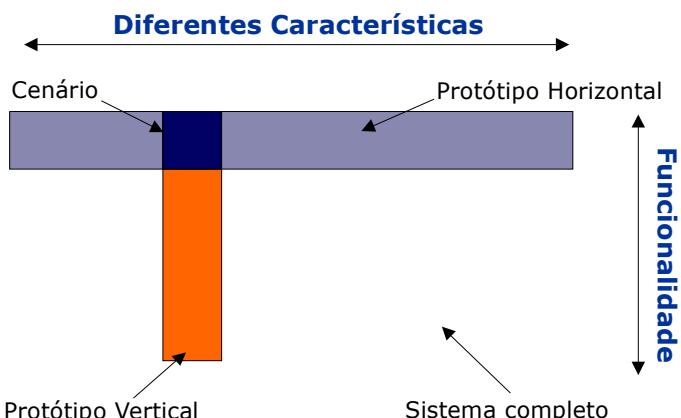
Nesse sentido, podemos entender que a reprodução desses atributos possa ser feita através de diversos caminhos e que diversos artefatos possam ser utilizados para representar esses atributos de forma independente com a finalidade de promover avaliações. Por exemplo, podemos dizer que um tijolo representa o peso desejado para um produto final, como um estabilizador de tensão, uma caixa pode reproduzir o volume de outro, como de um *tablet PC* ou de um gabinete e assim, podemos promover algumas avaliações desses atributos através desses artefatos, como forma com que as pessoas o carregam, como e onde eles podem ser guardados, em que espaço e locais eles podem ser utilizados,... A seguir vemos uma ilustração da proposta apresentada:



Figura (2) imagens de protótipos de peso e volume dos produtos finais.

Munoz et al (1992) defende que a prototipagem é toda externalização e criação de uma idéia concreta de design com propósito de avaliação. O Autor sugere que devamos utilizar todos os benefícios, por exemplo: dos sketches e storyboard, para criação de protótipos de cenário, úteis para a contextualização e exploração de conceitos. Esses devem acontecer nas primeiras etapas de design como uma forma de criação rápida de protótipos.

Greenberger (1998) descreve que existem protótipos (1) verticais, (2) horizontais e de (3) cenário. Os verticais (1) são aqueles onde se reduz a quantidade de característica que se quer prototipar. Dessa forma, os usuários poderão realizar tarefas reais com algumas das características funcionais reproduzidas. Os Horizontais (2) reduzem o nível de funcionalidade das características, mas desenvolvem um sistema completo, embora limitado funcionalmente. Assim, usuários poderão conhecer o sistema como um todo, porém eles não poderão desempenhar tarefas funcionais reais, pois elas estarão limitadas. Nos de cenário (3) reduzimos ambos atributos, funcionalidade e quantidade de características. Esse modo de protótipo tem como intenção uma análise de caminho ou procedimentos que deverão ser diagnosticados em uma fase inicial de design ou para avaliar decisões preliminares de forma rápida e barata, servindo apenas como feedback superficial ou contextual com usuários. A partir dessas características temos o seguinte gráfico:



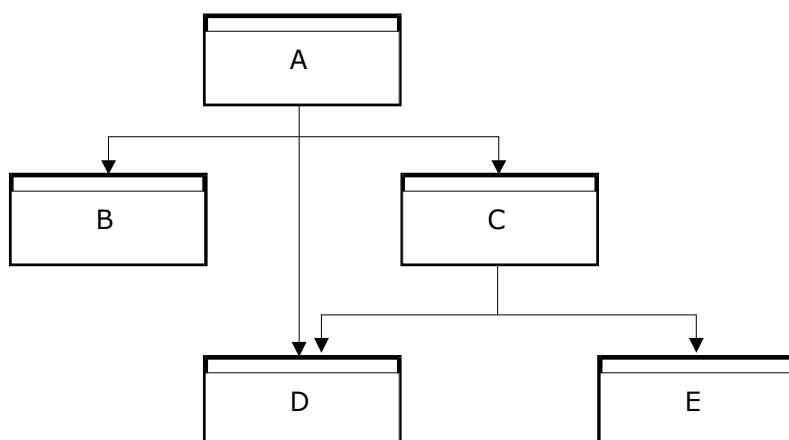
Quadro (09) as duas dimensões dos protótipos (fonte: Greenberger, 2001)

Budde (1992) compara a divisão de protótipos horizontais e verticais com as camadas do processo de desenvolvimento de um software, onde entre o design (Interface do usuário) e a implementação (sistema operacional, banco de dados) tivéssemos inúmeras divisões (camadas). Dessa forma, os **protótipos horizontais** constroem apenas características específicas de uma determinada camada, como exemplo: layout e menus (design da interface), ou transações do banco de dados (funcionalidade de parte do sistema) e os **protótipos verticais** constroem a fundo uma determinada característica (de um nível inferior até um superior através de todas as camadas). Esse último tipo de protótipo é indicado para uma avaliação detalhada da funcionalidade e implementação do produto ou sistema.

Para Rogers, Sharp e Preece (2002), **protótipos horizontais** são aqueles que abrangem várias funções, porém com poucos detalhes e **protótipos verticais** são aqueles que abragem poucas funções, porém com muitos detalhes.

O termo prototipagem está associado a algumas atividades no processo de design que incluem: (1) produção de versões de trabalho de um futuro projeto ou aplicação para realizar experimentos. (2) promove comunicação entre todos os membros do grupo envolvido com o projeto, principalmente entre usuários e designers, servindo de base para discussão (3) habilitar o grupo a tomar decisões na definição do produto baseadas nos experimentos e experiências adquiridas com o uso dos protótipos, tornando as decisões menos intuitivas ou subjetivas (4) Esclarecem pontos relevantes das especificações ou problemas de desenvolvimento. (5) protótipos iniciais podem servir de base para os protótipos posteriores, podendo evoluir, em alguns casos, de um estágio inicial até o produto final.

Righetti (2005) apresenta outra taxonomia para classificação dos métodos de prototipagem baseada no modelo (1)**Top/Down** e (2) **Bottom/Up**. No modelo (1)**Top/Down** os protótipos são realizados através de análises de tarefas que definem o design conceitual e modelos de produtos que vão sendo incrementados de acordo com os níveis de detalhes. Esse modelo é apropriado para projetos que necessitam explorar capacidades funcionais de um sistema. O Modelo (2) **Bottom/Up** é mais utilizado para uma metodologia interativa de tentativa e erro, ou seja, a melhor alternativa é prototipada e avaliada, depois novamente a melhor é prototipada e reavaliada, e assim por diante. Sendo uma metodologia indicada para projetos onde se tenha pouco conhecimento do problema ou onde não se tenha requerimentos funcionais.



Quadro (10) representação dos modelos Top/Down e Bottom/Up (fonte: Righetti, 2005)

Outro conceito bastante utilizado em protótipos é o da prototipagem rápida, hoje associado às novas tecnologias que permitem imprimir modelos em 3D através do uso de protótipos virtuais, que podem assumir a forma física por diversos processos de impressão através da tecnologia de controle numérico (ver item 3.2 Mockup). Porém existe um conceito mais amplo de prototipagem rápida trazido por Avrahami e Hudson (2002) que se refere a rápida geração de protótipos em cada estágio de design, e que são normalmente usados para explorar o espaço de design, testar interações básicas, elucidar e identificar problemas a partir de usuários. Dessa forma, podemos definir prototipagem rápida de forma ampla como: *A construção rápida e adequada de protótipos através de cada estágio de design visando obter as informações desejadas a partir da interação com os diversos atores do processo de design.*

3.2. Cultura de protótipos

Para entender a cultura dos protótipos se faz necessário, compreender antes o conceito de cultura, cultura material e imaterial, identidade e globalização e a sua influência sobre o processo de desenvolvimento de produtos, onde o protótipo está inserido.

Para Tylor *apud* Santos (2006), cultura é o conjunto de crenças, conhecimentos, costumes, arte, lei, moral,..., ou seja, qualquer capacidade adquirida por um homem no ambiente social ao qual está inserido, independente do seu código genético. Sendo assim, podemos entender que a cultura não é algo estanque, parado, ou que tenha início, meio e fim. A cultura é dinâmica e o seu entendimento permite compreender os processos de transformações na sociedade contemporânea.

Podemos dividir a cultura em material e imaterial, segundo Marconi e Presotto (2001) a **cultura material** consiste em coisas materiais, bens tangíveis, incluindo instrumentos, artefatos e objetos materiais, frutos da criação humana e resultante de determinada tecnologia. Isso abrange produtos concretos, técnicas, construções,... produzidos por um determinado grupo ou uma determinada sociedade. Já a **cultura imaterial** refere-se a elementos intangíveis da cultura, que não tem substância material. Entre eles podemos citar as crenças, conhecimentos, aptidões, hábitos,...

A partir desse conceito entendemos que a construção de um protótipo transita entre a cultura material e imaterial. Material no sentido concreto, físico, tangível, e imaterial por ser resultado da aplicação do conhecimento, a partir de um的习惯 específico de uma cultura que acredita na sua importância dentro de uma metodologia de design.

Ono (2006) apresenta que os contextos pluralistas, dinâmicos e contraditórios intensificados com a globalização co-existem forças de homogeneização e padronização, através da difusão dos processos técnicos, como de fragmentação e diversidade, fazendo com que o designer deva estar atento a adaptar os artefatos e o processo produtivo as necessidades e identidades culturais dos indivíduos e dos grupos sociais.

Acreditamos que de forma semelhante, a metodologia de design, na qual o desenvolvimento de protótipos está inserido, deve acompanhar esse raciocínio, considerando os aspectos técnicos, difundidos pela globalização sem perder o compromisso em adaptar-se a cada contexto, considerando as semelhanças e diferenças entre os indivíduos e os grupos.

O design está posicionado exatamente aí, nessa dialética entre as forças do desenvolvimento técnico e tecnológico, hoje cada vez mais difundidos e globalizados, e as forças do contexto social e cultural humano, pluralistas e identitários. Dessa forma, o design tem um papel importante por promover a materialidade da sociedade, que ao mesmo influencia e é influenciada através de movimentos cíclicos contínuos, responsáveis pela concepção dos artefatos. Essa relação exigirá do designer o domínio do técnico e do humano, através de uma visão criativa e inovadora, no momento que permita adaptar essas tecnologias ao contexto e um visão humana, que permita projetar artefatos adequados às necessidades reais, digo: material, social, econômica e cultural, das pessoas.

Para o ICSID (2007) (conselho internacional da sociedade de design industrial) “o design é uma atividade criativa, cujo objetivo é estabelecer as qualidades multifacetadas dos objetos, processos e seus sistemas, na totalidade dos ciclos de vida. Portanto o design é o fator central da humanização inovativa de tecnologias e um fator crucial para o intercâmbio cultural e econômico”. Tratando ainda da importância em manter a diversidade cultural, apesar da globalização do mundo através de uma ética cultural.

Segundo Denis (1998) e vários historiadores o design inicia-se como profissão com a instauração da revolução industrial, onde fica clara a separação entre o artesão, que produz artesanalmente e o designer que elabora os projetos dos produtos que irão ser produzidos em série. Essa visão de certa forma afastou durante muito tempo o design da produção artesanal, como por exemplo, o artesanato. Hoje vemos uma quebra dessas barreiras. Designers elaboram e produzem os seus artefatos de forma artesanal, desenvolvem projetos que ajudam comunidades a encontrar a sua identidade e a desenvolver produtos artesanais de forma sustentável, ou seja, de forma competitiva, adaptando o processo e os produtos aos novos contextos, mercados e as novas tecnologias.

Nesse contexto, a Manufatura rápida⁶ vem amenizar essa separação, se o artesanal sempre esteve ligado à produção não industrial, ou seja, o que não era produzido por máquinas industriais ou através de uma produção em série. Essa tecnologia permitirá tanto a indústria como os próprios designers, produzirem produtos “industriais” em pequena escala, facilitando o desenvolvimento de produtos personalizados, “artesanais”, que só diferenciarão dos produtos hoje tidos como “industriais”, talvez pela velocidade e pela quantidade de cópias.

⁶ Tipo específico de impressão física de produtos com qualidade e materiais finais a partir da tecnologia de prototipagem rápida.

Isso deixa claro que existem duas forças atuantes no desenvolvimento de produtos: O artesanal e o Industrial. Difícil hoje seria dizer quem exerceu maior influencia ao longo dos últimos anos, a indústria na produção artesanal ou o artesanal na produção industrial?

O séc.. XX é marcado pela crescente necessidade capitalista de produzir mais com preço mais barato, utilizando menos matéria prima e padronizando os produtos para facilitar a produção em larga escala. Desse princípio surge um dos primeiros modelos de desenvolvimento de produtos em massa, o Fordismo, difundido por Henry Ford, que introduziu o conceito de linha de montagem na indústria de automóveis, fator que influencia toda uma cultura de produção na industrial até os dias atuais.

Nesse mesmo período surge uma nova demanda, promover mudanças rápidas nos produtos para manter o interesse dos consumidores, ao qual ficou conhecido como “styling”⁷, e posteriormente o funcionalismo internacional, conceitualizados na racionalização e universalização dos produtos.

Com o capitalismo e a produção em massa, forças de expansão e uniformização das técnicas e tecnologias e dos artefatos gerados pela indústria globais são constantes, porém forças opostas de personalização e adaptação também se fortalecem como forma de diferenciação e identificação, gerando novas demandas e novos mercados.

Como exemplo dessa busca pela identificação e personalização, podemos citar: o uso de “meinhas para celular”, o “turning”⁸ de automóveis, os adesivos para bolsas, a costumerização de roupas... e também a adaptação de equipamentos industriais, inicialmente produzidos para uma finalidade a partir de seu fabricante e que são modificados para atender as necessidade e aos contextos locais através de uma tecnologia particular que chamaremos de “criatividade”.

Segundo Ono (2006), o design clama pela inovação ao mesmo tempo em que mantém um estreito vínculo com a realidade, não podendo se desvincular dos contextos históricos, sociais e culturais.

Para Baudrillard (1997) “a mundialização das trocas põe fim a universalização dos valores”. Os produtos estão ficando cada vez mais “mundializados”, ou seja, estão passando a ser mais uma matéria de mercado, para troca de produtos por dinheiro, do que voltados para a humanidade. Essa visão levanta um ponto importante que deve gerar uma reflexão entre os

⁷ É uma filosofia de design que visa tornar os produtos atraentes aos consumidores.

⁸ Personalização de automóveis para diferenciação dos modelos desenvolvidos em fábrica

designers, precisamos desenvolver produtos que possam vencer não apenas as distâncias, mais que possam estar adaptados às diferenças culturais dos mercados consumidores, ou melhor, das pessoas.

Com esse intuito surge uma nova metodologia, a **colaborativa**, facilitada pelos novos meios de comunicação, como a internet, a videoconferência, as redes de comunidades, os softwares e ferramentas específicas de visualização e comunicação, que utilizam quase sempre de protótipos virtuais e ferramentas CAD para compartilhar conceitos e opções de design (ver figura (3)). Nessa metodologia escritórios e equipes de designers em pontos diferentes do planeta estão conectados a uma só idéia, a troca informações e conhecimentos fundamentais ao desenvolvimento e adaptação dos produtos as pessoas, as culturas, as tecnologias e aos diversos e diferentes mercados consumidores.



Figura (3) o uso de protótipos através de aplicativos voltados para metodologia colaborativa (fonte: Elliott, 2003)

Segundo Ostergaards e Summers (2003), os conhecimentos e informações adquiridos no processo colaborativo são aplicados nas fases de design para reconhecimento das necessidades, definição do problema, análise e otimização, avaliação e apresentação.

Allen et al (1999) o ambiente colaborativo tem sido uma ferramenta de grande importância para o design de sistemas complexo, o que ajuda o time de designer a vencer problemas associados à separação geográfica dos participantes, em diversos ambientes e com dados heterogêneos, facilitando o consenso para a tomada de decisões.

A intensificação da produção e da competição entre as indústrias, em um contexto global e local, a diminuição dos ciclos dos produtos, o aumento da exportação e importação de produtos entre os países, a difusão das tecnologias, redução de preços e segmentação de mercados,... geram também uma intensificação de desenvolvimento de técnicas, tecnologias e metodologias buscando acelerar e reduzir gastos no desenvolvimento de produtos, pois hoje, diminuir a distância entre a necessidade, concepção e lançamento do produto

no mercado pode representar a diferença entre o seu sucesso ou fracasso. Segundo Elliott (2003), esses são alguns dos motivos que tem levado cada vez mais indústrias a utilizar o design colaborativo.

Dessa forma, nesse contexto globalizado, o surgimento de uma nova tecnologia, o desenvolvimento de novas técnicas ou metodologias,... geram uma grande influência nas organizações “mundializadas”, estabelecendo constantemente a reordenação e reorganização das mesmas como forma de adaptação as dinâmicas tecnológicas e de mercado, como questão básica de sobrevivência.

Sendo assim, os protótipos se apresentam como uma importante ferramenta comunicativa estratégica. Através dos protótipos, os diversos atores do processo de desenvolvimento de produtos, designers, usuários, clientes, engenheiros, profissionais de marketing, produtores,... formadores de subculturas dentro de uma organização produtiva e da sociedade, ou seja, com diferenças linguagem, hábitos, conhecimentos, ... podem estabelecer uma linguagem comum e compartilhar opiniões, críticas, sugestões, análises,... importantes para a evolução do produto, diminuição de tempo e custo do processo.

Segundo Hartmann (2006) O protótipo é o meio pivô de estruturação da inovação, colaboração e criatividade em design. Escritórios de design se orgulham de seus protótipos dirigidos pela cultura, pois acreditam que criando protótipos os designers compreendem os problemas que eles precisam resolver. A reflexão dessa prática de suporte e avaliação do design compreende o “trabalhar através” e o “pensar através” como pontos onde as ações físicas e cognitivas são interconectadas. Dessa forma, produtos de design de sucesso resultam a partir de uma série de “conversações como o material”. Fazendo com que a atividade de “pensar através do fazer”, realizada através das interações, passe a ser o conceito central do processo de design.

Segundo Schrage (1996), o design emerge de uma influência mútua entre uma nova idéia, definida em requisitos projetuais e a tentativa em fazer que os protótipos atendam a esses requisitos. Através dessa relação podemos confirmar se uma idéia de design poderá se tornar um produto de sucesso ou não. De forma semelhante, tem sido a relação entre a teoria e prática experimental ao longo da história. Estabelecer um diálogo entre a teoria e prática e entre a especificação e protótipo, define a cultura do físico ou a cultura da prototipagem. Essa cultura é fundamental para o avanço da ciência e do design respectivamente.

Schrage define que as companhias são dirigidas por cultura de especificação ou por cultura de protótipo. Em grupos como: IBM e AT&T, que precisam gerenciar muitas informações e investem pesado em pesquisas de mercado antes de iniciar a fase de protótipo, chamamos de **cultura de especificação**, ao passo que as companhias que precisam obter um feedback de informações de um produto no mercado antes do produto final ou que trabalham em torno de produto conceito, chamamos **cultura de protótipo**.

Quando esse diálogo entre as especificações dos requisitos projetuais e a experimentação prática dos protótipos não é gerenciada corretamente em um processo de design, podemos desperdiçar muitas horas de trabalho até verificar, através dessas provas, que a idéia ou conceito de design é inválido, impossível de se produzir ou de se implementar.

Um ponto importante na cultura de prototipagem é a visão qualitativa e quantitativa que os produtos podem ter. Essa relação define muitas vezes o modo como os produtos são desenvolvidos nessas organizações. Organizações que visam ser inovadoras procuram utilizar uma metodologia baseada no protótipo definindo especificações e não o oposto. Dessa forma, organizações que desejam construir os melhores produtos exploram e estudam como construir os melhores protótipos. A visão que produtos inovadores surgem de equipes inovadoras e o reconhecimento que protótipos contribuem para a geração de equipes inovadoras, desloca a atenção para o uso de protótipos dentro do processo de design. Isso poderia ser explicado pela importância dos protótipos como plataforma de comunicação dentro de uma equipe de design que o utiliza para compreender as diversas funções do produto que precisam ser corretamente avaliadas, e são, a partir de protótipos que possam comunicar essas funções de forma eficiente.

Podemos afirmar que a cultura das organizações influencia os produtos desenvolvidos por elas. Culturas oriental e ocidental, por exemplo, possuem modelos organizacionais diferenciados e isso reflete diretamente nos produtos desenvolvidos por elas. Através desses produtos é possível identificar os valores culturais presentes neles. De forma semelhante os protótipos refletem o pensamento, a prática coletiva e estrutura organizacional das empresas produtoras, através de processos formais e atividades informais de prototipagem.

Como exemplo, podemos citar a indústria de automóveis americana General Motors. Nela, automóveis eram desenvolvidos através de um processo de mockups em argila, que dificultavam qualquer nova intervenção no modelo depois de pronto. No mesmo período, no Japão, a Toyota passava a desenvolver modelos virtuais que permitiam realizar mudanças diretamente na

interface dos computadores. Esses posteriormente poderiam se materializar através de um processo automatizado de impressão 3D. Em apenas 40 dias protótipos físicos feitos em argila na escala 1:4 estavam prontos e poderiam ser utilizados para realização de novos testes. Os resultados desses testes podiam ser atualizados no modelo 3D e gerar novos modelos impressos, e assim, o processo se repetia em ciclos iterativos evolucionários, até o produto final ficar definido.

A partir desse exemplo, vemos como as indústrias precisam ser inovadoras e conectadas ao contexto global. Dessa forma, hoje as organizações estão apostando no aumento quantitativo dos ciclos iterativos de desenvolvimento de protótipos, como forma de aumento qualitativo dos produtos. Com vista nisso, estão instituindo um processo de prototipagem através de planilhas programadas, denominada por Schrage de “prototipagem periódica”, que permitem uma avaliação da evolução do produto por ciclos, dando ao gestor uma ferramenta eficiente de medida do progresso do produto. Essa metodologia vem redefinindo a cultura de prototipagem.

Estimulado por essas novas demandas e como resultado delas, nos anos 80 surge a nova tecnologia da prototipagem rápida. Segundo Gebhardt (2003), em 1995, apenas 6 anos após ter sido instalada a primeira máquina de estereolitografia na Europa, o processo de prototipagem rápida passa a ser utilizado efetivamente como ferramenta capaz de melhorar e acelerar o processo de desenvolvimento de produto. Isso fez com que entre 1995 e 1997 o número de sistemas vendidos já houvesse duplicado. Hoje essa tecnologia exerce sua influência global no processo de design da indústria, modificando metodologias e técnicas de desenvolvimento e avaliação de produtos.

A complexidade gerada por todas essas forças: sustentáveis, culturais, tecnológicas, produtivas, sociais, políticas, locais e globais, tornam cada vez mais o processo de design uma atividade complexa. Isso exigirá uma reformulação da metodologia de design e o domínio de ferramentas que permitam incorporar todos esses dados na configuração dos artefatos. Acreditamos que nesse cenário complexo onde uma das principais virtudes do designer será o fato de estar simultaneamente conectado ao tecnológico e ao humano, ao global e ao local, os protótipos poderão dar uma importante contribuição.

3.3. O uso dos protótipos no processo de design

O uso do protótipo dentro do processo de design dá ao design a possibilidade de responder perguntas de forma concreta, materializando conceitos e tornando características tangíveis. Com ele, o designer pode obter informações do contexto e explorar idéias através da produção de artefatos comunicativos e interativos.

Moggridge (2006) diz: “Eu acredito que se nos pensarmos primeiro sobre as pessoas e então testar, testar e testar novamente os protótipos de nosso design, nós teremos uma boa chance de criar soluções inovadoras que as pessoas irão valorizar e apreciar”.

De acordo com Jones e Marsden (2006), algumas pessoas preferem não mostrar logo os rascunhos de seus trabalhos aos outros, eles preferem aperfeiçoar isto antes de apresentar para eles mesmos e para uma audiência. Mas, a cada repetição e feedback em um estágio inicial, a partir da interação com os outros, faz com que o caminho para o desenvolvimento do trabalho seja mais seguro e na direção de um resultado final melhor.

Utilizar a ferramenta de prototipagem adequada às necessidades de cada estágio e propósito de design permitirá economizar tempo, dinheiro e esforço dentro desse processo, além de permitir obter as respostas desejadas e necessárias a continuidade do projeto.

Jones e Marsden (2006) apontam 3 atividades que devemos explorar para trabalhar de forma efetiva com design interativo dentro do processo de design: (1) **Compreender usuários:** suas capacidades e limitações, detalhes de como vivem, o que fazem e usam (2) **Desenvolver protótipos de design:** criar representações do design para promover interações que possam demonstrar, alterar e discutir o design (3) **Avaliação:** cada protótipo é um estágio melhorado e refinado do anterior que evolui através de técnicas de avaliação que identifiquem pontos fortes e fracos do design e principalmente dar o poder e segurança a equipe de tomar decisões sobre a continuidade e descontinuidade do design.

Para Kolmquist (2005) existem preocupações que precisam estar sempre presentes na construção de qualquer tipo de representação: (1) Se você possui conhecimento suficiente da tecnologia e dos usuários para construir coisas reais? (2) Qual o risco das pessoas tomarem decisões equivocadas a partir dessas representações? No primeiro ponto o autor fala que as representações começam a partir do momento que temos algumas informações básicas das tecnologias e dos usuários, porém isso não impede que possamos utilizar essas representações para capturar essas informações. No segundo

ponto, ele evidencia a importância de se ter sempre em mente que essas representações precisam ser desenvolvidas para que possam ser corretamente avaliadas por uma audiência, para que esses possam realmente fornecer informações consistentes e que possam alimentar de dados confiáveis as fases seguintes do processo de design.

Dessa forma, podemos entender que o protótipo pode se comportar como o combustível do processo interativo, o meio pelo qual podemos realizar a transição ou intermediação entre as atividades de design e as atividades de avaliação.

Podemos entender design de interações como algo mais amplo que a interação homem x máquina, interação homem x ambiente construído ou interação homem x interface, bastante estudadas pela ergonomia, pois ele considera a comunicação e interação de forma ampla, por todos os artefatos produzidos por um processo de design e por que não, através da construção da imagem comunicativa das pessoas, na utilização de um produto com tendência de moda.

Para Budde et al (1992), protótipos adequados fornecem aos usuários e gestores uma idéia tangível das soluções dos problemas, e a partir daí suporte para uma avaliação no modelo de sistema de informação. Para os desenvolvedores os protótipos constituem uma especificação executável que facilita avaliação de diferentes modelos e ajuda a reduzir as diferenças de interpretação na construção de softwares.

Para Stephers e Bates (1990) mostram que a metodologia do protótipo em uma tarefa específica, guia o design para um processo mais efetivo do que usando um método estruturado de design.

Alguns autores levantam que um dos problemas do processo tradicional é que muitas vezes o produto só começa a ser tridimensionalizado nas fases finais dos projetos ou já na fase de produção, e que muitas vezes nessas fases são detectados problemas que não são vistos em representações 2D, gerando uma volta no processo de design, para correções e redesign, que poderiam ser evitados se o protótipo 3D começasse a ser desenvolvido mais cedo.

Segundo Guangchun et al (2004), no projeto tradicional, os desenhos 2D de um novo produto são passados para 3D apenas durante o processo de fabricação e só aí algumas revisões no projeto podem ser executadas o que não apenas prolonga o processo produtivo como também aumenta os seus custos.

Para Rogers, Sharp e Preece (2002), a atividade de design se divide em 2 tipos: Conceitual e Físico. Elas relacionam o que o produto deverá fazer e como irá fazer, e afirmam que o design emerge de atividades repetidas de design-avaliação-redesign em ciclos envolvendo usuários. Para que isso ocorra, é necessário que o design gere uma versão interativa de sua idéia para que essa possa ser submetida a essas avaliações com usuários.

Avrahami e Hudson (2002), também concordam que o processo de design se divide em exploração da forma e exploração da interatividade. Nesse sentido, percebemos que existem poucos protótipos interativos que permitem o designer explorar essas duas realidades em um só tipo, fazendo com que algumas características de definição da forma (design) possam ser exploradas através de um tipo e depois não possam ser reutilizadas para a exploração na outra etapa (avaliação).

Para Snyder (2003), existem 3 atividades principais durante o processo de prototipagem de um sistema. (1) *designing*, (2) *Rendering* (3) *Coding the behavior*. Na atividade (1) o design elabora o projeto através de idéias para solução do problema proposto, na atividade (2) desenvolve protótipos de acordo com a finalidade e pensando na experiência da audiência, nos limitadores, propósitos e no que pretende compreende, explorar, avaliar ou comunicar através dele. (3) construção da interface propriamente dita através de programação.

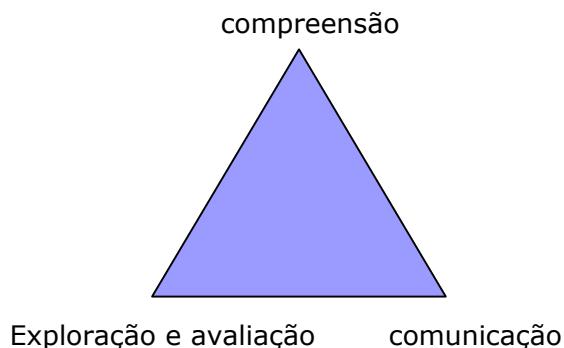
As ferramentas que utilizamos no processo de design influenciam o nosso modo de pensar sobre o problema e sobre as soluções. Ao utilizarmos protótipos, podemos ampliar as capacidades de compreensão, exploração, avaliação e comunicação do design.

Snyder (2003) define 3 aspectos que devem ser levados em conta no momento da escolha de um método de prototipagem, no que se refere ao esforço e a realização de testes com usuários: (1) **Criação**, tempo gasto para prototipar uma idéia de design, (2) **duplicação**, facilidade em duplicar partes para propor novas combinações e (3) **modificação**, facilidade de realizar modificações após descobertas que geram novas idéias de design. Considerando que tempo é dinheiro, precisamos ter em mente que quanto mais for necessário dedicar tempo e esforço, menor será o benefício que teremos a partir desses.

Buchenau e Suri (2005) descreve protótipo como uma forma de habilitar o time de design, usuários e clientes à ganhar em primeira mão a apreciação das condições existentes e futuras do produto. Nessa interação

estaria o conceito de “***experience prototype***”, ou seja, a experiência adquirida por intermédio da interação com os protótipos.

Segundo os autores, os protótipos são representações do design feitas antes do produto final. Esses podem ser realizados através de diversos métodos, podendo variar desde um desenho até modelos. Eles são desenvolvidos com três finalidades: (1) estabelecer uma **compreensão** da experiência do usuário ou do contexto, (2) **explorar e Avaliar** as idéias de design e (3) **comunicar** essas idéias a uma audiência, e em 3 níveis: “*look like*”(visual), “*Behaves Like*”(comportamento) e “*Work Likes*” (funcionamento).



Quadro (11) finalidades dos protótipos (fonte: Buchenau e Suri, 2005)

Buchenau e Suri (2005) definem ainda que existem protótipos passivos e ativos, baseados na existência ou ausência da possibilidade de interatividade. Essa divisão classificatória seria embasada no “fazer” como um aspecto fundamental da experiência, adquirida durante a interação com os protótipos. Fazendo seguir a filosofia Chinesa de Lao Tse, teríamos: “O que eu escuto eu esqueço. O que eu vejo eu me lembro. O que eu faço eu comprehendo”.

Porém existem diversas possibilidades e propósitos de utilização dos protótipos dentro do processo de design. Por exemplo, designers de interfaces podem utilizar sketches em papel para esboçar uma interface, com telas, menus, quadro de diálogos, botões... Esses poderão ser utilizados em testes de usabilidade. Basta convidar uma audiência adequada ao que ele pretende avaliar, planejar as ações que deverão ser realizadas pelos usuários e os dados que precisarão ser obtidos a partir dessa interação. No final serão verificados os pontos que atenderam ou não os requisitos específicos desejados ou que podem ajudar a definir esses requisitos. Essas sessões poderão ser mediadas por um facilitador que terá o papel de orientar e controlar as ações desenvolvidas pelo usuário na direção desejada. Nesse caso específico, o uso do protótipo em papel permite que as interfaces sejam ajustadas de forma rápida, ainda durante os intervalos das sessões, para que as sessões seguintes já possam utilizar o novo protótipo atualizado, de acordo com as observações das sessões anteriores.

Para Houde & Hill (2004) Os protótipos são utilizados dentro do processo de design para examinar problemas e avaliar soluções. Segundo os autores, eles podem ser projetados para atender necessidades específicas das audiências na qual serão apresentados. Dessa forma um protótipo que será apresentado a uma equipe para análise crítica e direcionamento de design, poderá ser diferente daquele que será apresentado para usuários com intuito de realizar um feedback na análise de alternativas.

Para Holtzman (1999) em HCI, designers utilizam uma extensiva análise das limitações humanas, coletando informações através de entrada de dados e necessidades de acesso dos usuários e rever novas tecnologias que deverão considerar essas limitações.

Para o autor, o processo de design teria as seguintes fases: (1) análise da tarefa, usuários e contexto de trabalho (2) design de soluções dos problemas identificados (3) implementação das soluções e (4) avaliação do design. Para explorar essa situação de análise da tarefa de usuários em situações de trabalho tem se desenvolvido protótipos. Esse protótipo evolui a partir do processo de design com continuas avaliações, revisões e apresentações para um grupo de amostra de usuários por muitas semanas. Quando viabilizado e selecionado, o melhor protótipo, isso é implementado, revisado, avaliado novamente. O resultado é uma solução com grande aceitabilidade por parte dos usuários que seja completo, rápido e confortável para o uso.

Budde et al (1992) define que as relações entre protótipos e sistema de aplicação podem ocorrer em 3 caminhos: (1) **protótipos são implementados para produzir um sistema de aplicação**, dessa forma, a diferença entre o protótipo e o produto final tende a desaparecer ao longo do tempo. (2) **Um protótipo é uma parte específica de um sistema de aplicação**, dessa forma, um sistema seria construído com referência em um protótipo que foi aceito em avaliações. Assim, o protótipo teria o propósito de definir especificações para o produto final, não para ser utilizado de plataforma do próprio produto final, podendo ser descartado após a definição dessas especificações. Nessa visão, os protótipos são construídos de forma rápida para modelar ou demonstrar aspectos selecionados desse sistema e ser usado como meio de avaliação técnica (funcionalidade do sistema), segurança e eficiência prática através de experimentação. (3) **Protótipos servem para esclarecer problemas somente**. Um outro ponto de vista é que protótipos são construídos apenas para o propósito de aquisição de conhecimento, para esclarecer e elaborar idéias, sem a intenção de construção do produto ou sistema final a partir deles.

De acordo com as visões anteriores, podemos entender que protótipos são tidos como: (1) para serem utilizados em todas as fases de design, a partir das etapas iniciais até o produto final, acumulando experiências de forma evolutiva ser implementado como produto final do processo. (2) protótipos são utilizados em fases específicas para gerar requerimentos projetuais para aí sim passar a ser implementado o produto final e (3) são utilizados apenas para experimentação de idéias e elaboração de conceitos novos.

Da mesma forma que hoje vem se adotado cada vez mais a inserção de usuários em todo o processo de design, ampliando a visão do design centrado no usuário para um processo de design participativo, seria coerente afirmar que o uso dos protótipos podem seguir o mesmo caminho, por ser um dos melhores métodos de diálogo com os usuários. Nesse sentido, podemos afirmar que de acordo com a visão (1), citada no parágrafo anterior, poderíamos ter o protótipo evoluindo através de um design participativo até a implementação do produto final, em uma metodologia integradora que poderíamos chamar de **design auxiliado por protótipos**.

Schrage (1996) afirma que existe uma cultura diferenciada das organizações no uso de protótipos no processo de design. Algumas empresas desenvolvem protótipos funcionais continuamente no processo de design, pois acreditam na função evolutiva do produto através deles e fazem isso de forma rápida, outras, só utilizam protótipos após várias semanas do início do processo de desenvolvimento dos produtos, pois consideram os protótipos como um meio apenas de representação do produto final. Porém, como regra geral, companhias que possuem pouco tempo para o desenvolvimento de produtos geram mais protótipos e realizam um maior número de ciclos iterativos. Esse dado pode dar um indicativo que o uso de protótipos no processo de design acelera o processo de desenvolvimento de produtos.

Schrage (1996) coloca que designers dessas organizações têm desenvolvido protótipos rápidos por conta própria, para apresentação de seu design para colegas de trabalho, e que esses evitam apresentar esses protótipos para os gestores executivos do processo, por considerar que protótipos sem acabamento poderiam ser rejeitados por serem percebidos apenas como uma execução inadequada de um protótipo. Isso evidencia uma dificuldade de visualizar um produto final através de protótipos preliminares. Dessa forma, apresentações informais de protótipos tornam-se acontecimentos de significativa importância para o diálogo interno de design e essa divisão entre o formal e informal pode atrasar o processo de geração e aprovação do design.

Algumas empresas possuem políticas diferenciadas sobre o uso de protótipos, algumas acreditam que apresentar protótipos antecipadamente pode

favorecer espiões interessados em roubar uma boa idéia de design, outros acreditam que isso pode direcionar o desenvolvimento para um isolamento que pode prejudicar o desenvolvimento dos produtos pela deficiência de comunicação entre a equipe de design e os demais atores, clientes e fornecedores. Ao processo de inclusão dos atores no processo de design tem se dado o nome de “**design colaborativo**” ou “**design participativo**”, e constituem metodologias centradas no usuário.

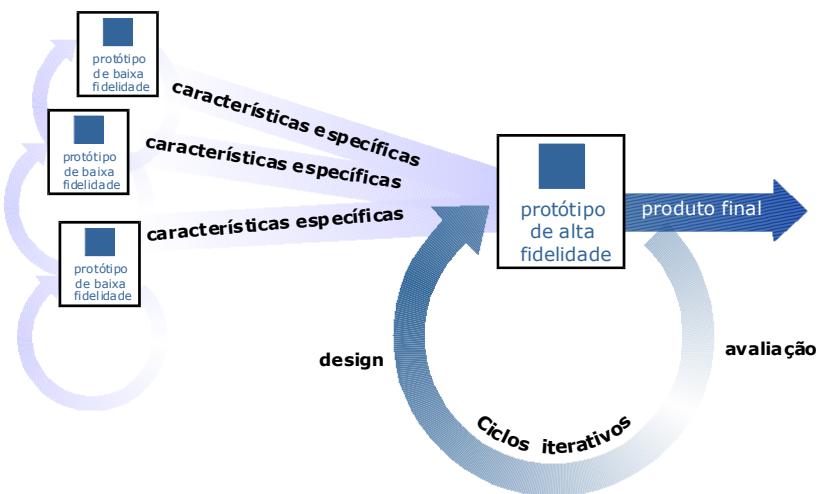
Para Budde et al (1992) um protótipo é geralmente projetado para ilustrar aspectos específicos de uma interface de usuários ou parte da funcionalidade e assim ajudar a esclarecer um problema. Para ele, é melhor construir vários pequenos protótipos e dividir os problemas entre eles do que fazer um único extenso protótipo, porque o problema envolvido não será totalmente esclarecido de forma homogênea.

Para os autores, quando um protótipo chega a um determinado estágio de sofisticação, ele seria praticamente implementado na forma de um piloto de sistema, que passaria a ser desenvolvido em ciclos. Na nossa visão, piloto também seria um estágio dos protótipos, porém quando nos referimos aos softwares e sistemas digitais não existiriam pilotos, apenas protótipos. Podemos estruturar essa visão a partir do conceito usado para piloto de produtos industriais, que seriam: os produtos desenvolvidos através do mesmo processo produtivo (linha de produção) do produto final. Em softwares não existe uma linha de produção, o protótipo final já pode vir a ser o próprio produto, ou seja, não existe a necessidade de fabricação após o seu desenvolvimento. Isso abre margem para uma discussão: Onde deve começar e terminar o uso da terminologia protótipo?

Seguindo a nossa definição de protótipo, que seria um *Artefato desenvolvido para compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido*, seria coerente afirmar que enquanto um produto estiver em desenvolvimento, seja na fase de design, na fase de fabricação ou até mesmo na fase experimental de mercado, ele deveria ser chamado de protótipo. Nesse último caso, ele poderia ser chamado de *protótipo de mercado*.

Nos testes de software e sistemas, isso ocorre através de uma versão de teste chamada versão beta. Esses permitem usuários e programadores em vários locais avaliarem o produto antes da versão final.

A partir desses conceitos uma das formas de evolução do uso dos protótipos no processo de design poderia ser ilustrada através do seguinte gráfico:



Quadro (12) processo evolutivo dos protótipos no processo de design.

Com esse modelo podemos compreender que aspectos específicos de design podem ser trabalhados isoladamente como subproblemas. Esses protótipos irão evoluir separadamente através de ciclos iterativos a partir dos estágios iniciais do processo de design. Para cada protótipo estão previstos atividades cíclicas de design e avaliação, que devem iniciar através de protótipos de baixa fidelidade, convergendo ao final do processo para composição de um protótipo de alta fidelidade. Esse será submetido a novos testes em ciclos iterativos até a total adequação dos objetivos do projeto. No final teremos um produto mais adequado à produção, ao mercado e aos usuários.

Nesse sentido, para facilitar o entendimento e utilização dos protótipos no processo de design, classificaremos os tipos de protótipos e estruturaremos gráficos que facilitem compreender os níveis de comunicação atendidos por cada tipo de protótipo. Depois tentaremos definir a adequação do uso dos protótipos aos estágios e propósitos do processo de design.

3.4. Tipologia

Existem diversos processos de prototipagem e diversas finalidades para a sua utilização dentro do processo de design.

Gebhardt (2003) afirma que as exigências dos “modelos” diferenciam de acordo com o progresso do desenvolvimento do produto. Para o autor existem vários termos e sugestões de definição dos “modelos” que podem variar de acordo com o planejamento de uso e de acordo com a área específica ou pela orientação específica do processo de prototipagem.

Segundo o German Association of Industrial Designers and Stylists (*VDID – Verband der Deutschen Industrie Designer*) e German Council for Styling, os “modelos”, que para o nosso estudo seriam tipos de protótipos, podem ser classificados da seguinte forma:

(1) **Modelo proporcional (modelo de conceito).** Que tem por objetivo mostrar o produto na proporção real, ser fácil, rápido e barato para ser produzido, facilitar a comunicação das propriedades do produto, a motivação e o consenso de produção de idéias, ser disponível e reciclável.

Os níveis de abstrações podem ser: (a) baixo grau de funcionalidade ou nenhuma (b) alto grau de especificação de detalhes.

(2) **Modelo Ergonômico.** Suporta decisões rápidas sobre a sua praticidade (ser possível desenvolver e concluir o produto), mostrar detalhes importantes de operação e uso e aplicabilidade de funções específicas. Os níveis de abstrações podem ser: (a) médio grau de funcionalidade ou algumas (b) médio grau de especificação de detalhes.

(3) **Modelo de Estética e modelagem.** Que apresenta a aparência externa do produto final. Acabamento da superfície com qualidade de “*show room*”. Suportar decisões rápidas dos métodos de construção e fabricação. Habilitar os demais atores do processo (clientes, vendedores, imprensa, fornecedores, usuários...) julgarem cada estágio. Os níveis de abstrações podem ser: (a) baixo grau de especificação de detalhes (b) parcialmente alta funcionalidades ou algumas.

(4) **Modelo Funcional.** Habilita promover avaliações através de simulações numéricas e testes iniciais de algumas funções (montagem, manutenção, estudo de cinemática), mostrar algumas ou todas as funções importantes do produto, mesmo sem forma externa. Dar informações importantes para ferramentas e moldes de fabricação.

Os níveis de abstrações podem ser: (a) baixo grau de especificação de especificação (b) alto grau de funcionalidades ou todas.

(5) **Protótipo** (que para o nosso estudo seria um **protótipo de alta fidelidade**). São amostras bem aproximadas ou se necessário, exatas, produzidas de acordo com o documento de produção, que só se diferencia do produto em série pelo processo de produção. Habilita testar uma ou várias propriedades do produto (montagem, desmoldagem,...), habilita a produção de ferramentas (*rapid tooling*) habilita a preparação da introdução do marketing através de campanhas preliminares.

Os níveis de abstrações podem ser:: (a) nenhum grau de especificação de detalhes (b) alto grau de funcionalidades (todas).

(6) **Piloto** (ou **amostra de produção**). É o protótipo produzido em série, lote piloto, de pré-produção ou lote principal. Habilita um teste completo de todas as propriedades do produto, permite treinamento de produção e manutenção, permite ajustar a produção, iniciar a produção em massa, a seqüência de montagem e o planejamento detalhado para os clientes e fornecedores.

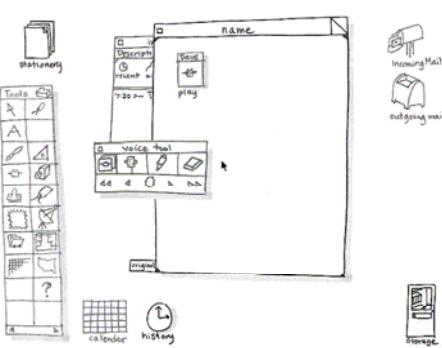
Os níveis de abstrações podem ser:: (a) nenhum grau de especificação de detalhes (b) alto grau de funcionalidades (todas).

Através dessa classificação do *VDID* percebemos que existem 3 classes usadas para a separação do processo de prototipagem: **modelos, protótipos e pilotos**. Esses criam relações importantes entre as fases de design e os 3 níveis de comunicação dos produtos: **funcionalidade, usabilidade e estética**. Através deles se definem expectativas para a sua utilização no que se refere às abstrações (ou fidelidade).

Para facilitar a compreensão dos tipos de protótipos, faremos agora uma definição de sua tipologia, procurando apresentar a área de aplicação em design (**produto, gráfico ou digital**) e algumas das formas de utilização dentro do processo de design. Procuraremos paralelamente, através da análise das definições de diversos autores, identificar quais os níveis de comunicação (**funcionalidade, usabilidade e estética**) atendidos por cada tipo de protótipo. Essas definições serão destacadas e devidamente identificadas através do uso de: **(e)** para estética, **(f)** para funcionalidade e **(u)** para usabilidade. Essa definição irá contribuir para a formação da primeira operação do nosso modelo de auxílio, que será proposto no capítulo 4.

Os tipos e ferramenta de prototipagem a seguir foram escolhidas por sua tradicional importância dentro do processo de design e pela constância com que apareciam nas referências consultadas:

1 Sketch



Definição

Podemos chamar de sketch um tipo especial de desenhos feitos à mão livre, por meio tradicional, com lápis e papel, ou digital, com mesa e caneta óptica ou em software de CAD. Eles normalmente são desenvolvidos nas fases iniciais do projeto para representar, comunicar, armazenar e combinar características de um produto que está sendo conceituado ou detalhado.

Para Ullman et al (1990) Sketches são definidos como desenho “a mão livre” normalmente feito fora de escala natural e que podem conter anotações rápidas para representar o objeto e suas funções. Segundo o autor, ele possui 6 funções principais no processo de design no que refere a solução de problemas: (1) arquivar a forma do design (2) comunicar idéias do projeto entre os designers e o fabricante (3) produzir uma ferramenta de análise para realização de cálculos a partir do desenho (4) Simular o design (5) Realizar uma verificação completa do design, servindo como ferramenta de acompanhamento das tarefas que será necessário realizar até a execução final do produto. (6) atua como extensão da memória de curta duração, sendo usado inconscientemente para recordar idéias que julgam que poderão esquecer.

GoldSchmidt e Porter (2004) (e1) define sketch como a mistura de desenho e texto, criando anotações que permitem designers manipularem informações contextuais com a forma visual, através de representações em duas ou três dimensões, tornando tangível as decisões dos conceitos contidos na mente do designer. A figura (5) ilustra um típico sketch de desenvolvimento de um produto com uso de desenho e texto. Esse tipo de sketch é bastante rico de informações necessárias para compreensão da montagem, estrutura, materiais, acabamento...

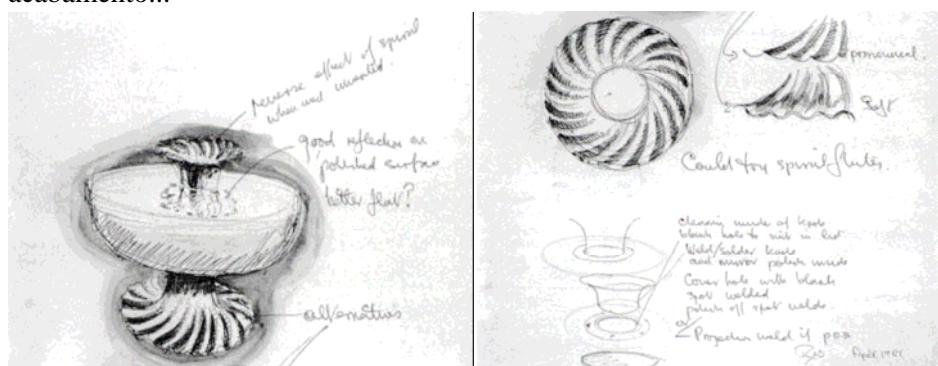


Figura (4) Sketches de uma tigela com tampa por Robert Welch (fonte: Goldschmidt e Porter, 2004)

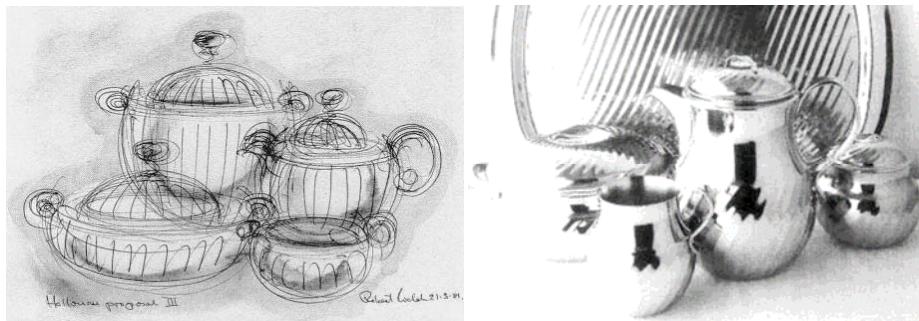


Figura (5) idéia inicial de um produto por Robert Welch para coleção Yamazaki e Figura (6) produto final refinado a partir do sketch inicial (fonte: Goldschmidt e Porter, 2004)

Os autores ainda citam o sketch como a forma mais eficiente, cognitivamente econômica e rápida a disposição do designer experiente. Essa facilidade de produção facilita também o descarte de alternativas e a produção de novas.

Para Ullman (1997) o sketch além de ser o modo preferido de desenho dos designers para comunicação de dados, ele é uma extensão da memória de curta duração necessária para a geração de idéias.

O autor destaca 3 tipos especiais de desenho que se enquadram na classificação de Sketch:

(1) **Desenho de Layout**, é um documento de trabalho que serve para guardar as informações e estabelecer restrições de relacionamento entre as partes do projeto. Essas poderão ser utilizadas posteriormente para uma análise comparativa em avaliações. **(f1) Nesse tipo de desenho são suportadas notas que permitirão apresentar características funcionais do produto.**

(2) **Desenho de detalhes**, **(f2) são desenhos que apresentam detalhes das partes do projeto com as especificações claras que representam informações funcionais importantes do produto** como as tolerâncias das dimensões, que devem seguir as normas locais (no caso do Brasil ABNT) e ainda materiais. Alguns desenhos de detalhes serão utilizados para a comunicação final do produto com a fabricação.

(3) **Desenho de montagem**, o objetivo desse desenho é mostrar como as partes do projeto ficarão juntas, para isso podemos apresentar uma vista explodida, com a ordem, direção e sentido de montagem devidamente indicados por linhas de eixo e setas. Nesse tipo de desenho as partes são identificadas com letra ou número para serem associadas a um documento específico ou para serem listadas em uma

tabela de especificações, localizada na mesma prancha onde normalmente consta: tipo de peça, material, acabamento,...

Para Rogers, Shape e Preece (2002) sketch é um protótipo de baixa fidelidade que utiliza desenhos simples como: símbolos, figuras, caixas e estrelas...

A partir do advento da informática e dos novos dispositivos de entrada como: *Tablets* ou mesas digitalizadoras (tradicional ou com reconhecimento de toque em tela), Realidade Virtual (RV) e os computadores *tablets PC*, novas técnicas e tecnologias de criação de sketches estão passando a ser utilizadas por designers através de softwares como: Adobe Photoshop, Alias Sketchbook,... Elas são um meio de desenvolvimento e armazenamento das idéias de design. Esses sketches podem ser utilizados posteriormente por outros softwares, nas fases seguintes do processo de design, para auxiliar a conversão do bidimensional para o tridimensional.



Figura (7) e Figura (8) Sketch digital desenvolvido com auxílio de mesa digitalizadora (fonte: Stappers e Sanders, 2005 | Artigos www.Carbodydesign.com, 2005)

Os sketches digitais possuem algumas vantagens e desvantagens em relação ao método tradicional de desenho (lápis e papel). As vantagens dos sketches digitais são as naturais previstas a todos os documentos produzidos em computador como: (1) facilidade de arquivar, acessar, modificar. As desvantagens são: (1) familiaridade dos usuários. Boa parte dos usuários não possui familiaridade com a forma de desenho através de *tablets*, principalmente os que pertencem a uma geração mais antiga, o que dificulta a sua utilização. (2) custo extra para compra dos equipamentos que permitem utilizar esse tipo de sistema como: Computador e *tablet*.

Utilização no processo de design

Sketching é uma boa técnica para criação de *brainstorms* visuais, através delas podemos explorar e cristalizar idéia de design, com participações de usuários. Isso pode ser bastante indicado para a criação de protótipos de softwares, produtos e gráficos.

Wong (1992) apresenta uma forma de utilização de sketches para definição de layout de páginas através de brochuras. Nessas brochuras designers exploram suas propostas de forma rápida e superficial, organizando os blocos de texto e a localização de ilustrações. Nessa fase são evitadas as definições de fonte, tamanho, fluxo de texto... para que a atenção se concentre apenas em torno do layout. Através desses sketches os designers identificam características e encorajam discussões que permitem selecionar idéias que seguiram adiante, e serão representadas de forma mais elaborada através de protótipos de alta fidelidade.

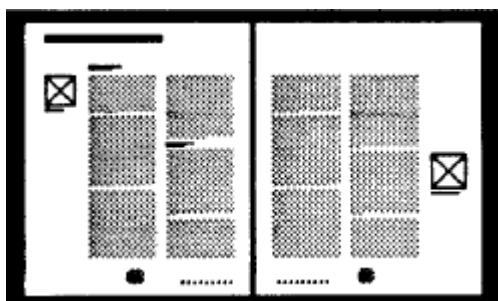


Figura (9) uma composição usando bloco de texto para enfatizar a estrutura do layout (fonte: Wong, 1992)

Para Tversky (2002) Sketch é o caminho para externar idéias, tornar público o pensamento interno e para registrar de forma permanente um pensamento passageiro. Para a autora, o sketch pode comunicar além dos aspectos não atendidos pela escrita, como relações espaço-visual de idéias, através da representação de elementos visuais e relações trazidas para o papel. Através dele a audiência pode observar, comentar, revisar idéias, executar observações em uma representação externa. A utilidade do sketch vai além do “poder falar”, no sentido de comunicar a outro, ele permite comunicar a si próprio, permitindo checar a consistência de nossas idéias e estabelecer novas relações que fazem gerar novas idéias. Sketches para design ou para diagramas são estruturas. Elas consistem de elementos que podem ser combinados para criar um amplo horizonte de significados.

Para Ullman (1997) os desenhos feitos através de sketches servem para: (1) guardar a forma do design. (2) comunicar idéias entre designers e entre designers e fabricantes. (3) analisar as dimensões e tolerâncias (4) (f3) **simular operações do produto** (5) permite estabelecer uma checagem integral de detalhes de design (6) guardar informações que poderiam ser perdidas ou esquecidas (7) funciona como uma ferramenta de síntese que permite juntar partes e compor idéias desconectadas para formar novos conceitos.

Os sketches podem evoluir de desenhos e notas rápidas, feitas no papel, para desenhos elaborados em CAD (*draft*) de partes e representação de medidas para a fabricação ou para ilustração de documentação.

A principal diferença entre sketch e Draft seria o fato do uso de instrumentos e o uso ou não de representações em escala. Nesse caso, Sketches seriam estruturas mais livres, desinstrumentalizadas, sem preocupação com escala, sendo mais utilizados nas fases conceituais e abstratas. Já os Drafts seriam mais estruturados, instrumentalizados, com preocupação de escala e progressivamente utilizada para o refinamento do produto final.

Estudos realizados por Ullman (1990), (f4) **revelam que os primeiros estágios do uso dos Sketches durante o processo de design são claramente funcionais**, refinando gradualmente para um desenho em escala da forma final.

Jones e Marsden (2006) aponta que a forma mais comum de prototipagem de uma interface é o Sketch. (e2) **Através da realização de sketches de suas idéias em papel designers ficam habilitados a ver a aparência da sua interface**: quantos botões são requeridos, qual luz de advertência ou tela será necessária para dar um melhor feedback,...

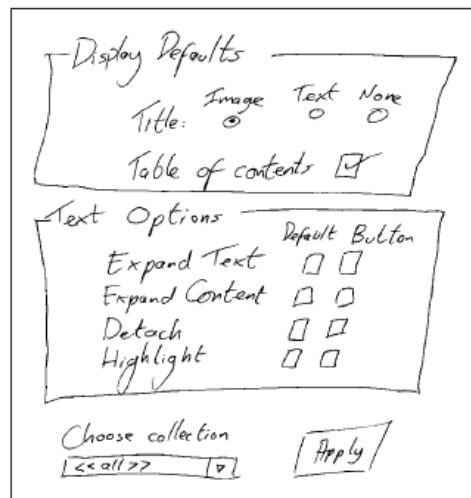


Figura (10) sketch usado para definição de uma interface (fonte: Jones e Marsden, 2006)

A utilização de Sketch possui a vantagem de ser bastante simples e barato, porém possui algumas desvantagens como: (1) Muito concentrada em conceitos de alto nível, (2) difícil de prever o seu desenvolvimento.

Para Snyder (2003) (e3) **prototipagem via sketch ajuda a evitar o compromisso do design em realizar uma perfeita aparência do projeto**, fazendo com que essa possa ser uma forma rápida, econômica e com menor esforço. Através dele podemos estabelecer um linguagem de maior

compreensão e participação dos usuários deixando representações mais estruturadas, como as desenvolvidas em CAD, para os estágios finais do projeto.

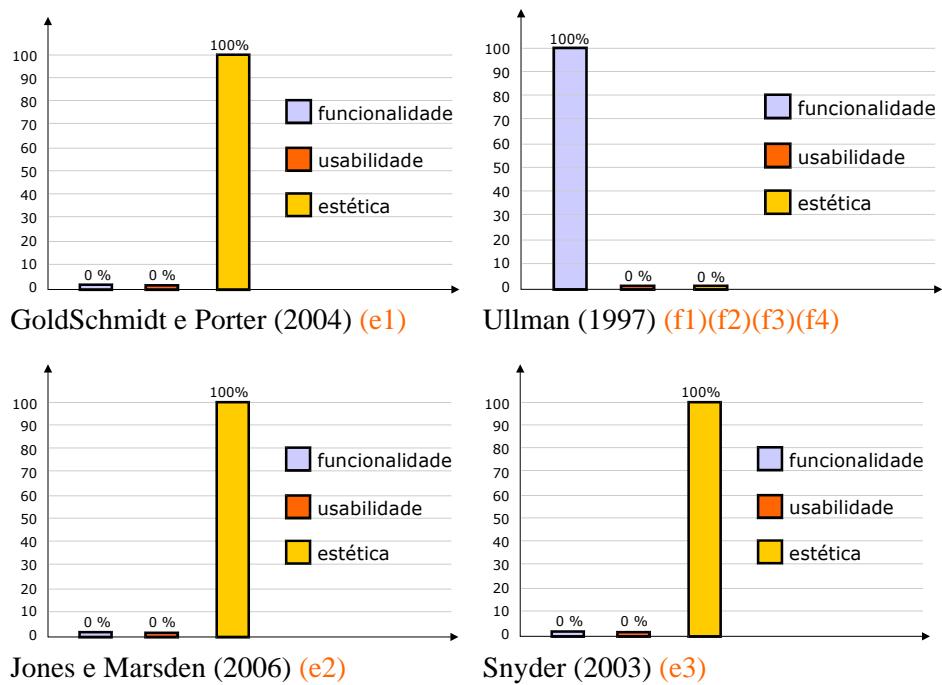
Não é sem motivo que hoje os softwares CAD ou de modelagem 3D oferecem ferramentas que permitem utilizar esses sketches como referência para prototipagem tridimensional de produto. Os designers, em sua grande maioria, normalmente iniciam o processo criativo através desses sketches e apenas depois começam a explorar protótipos na forma tridimensional. Isso pode ser explicado pela cultura do uso de lápis e papel ao qual pertencemos, e nada garante que isso não irá mudar nas próximas gerações informatizadas.

Pensando nisso as novas gerações de softwares de prototipagem de design partem do princípio da modelagem 3D para a extração de representações bidimensionais das vistas ortogonais (vistas, cortes,...) e não mais de uma fase de desenho bidimensional como base para a modelagem tridimensional. Alguns desses softwares já permitem a partir do modelo 3D representá-lo com um desenho tradicional feito a mão.

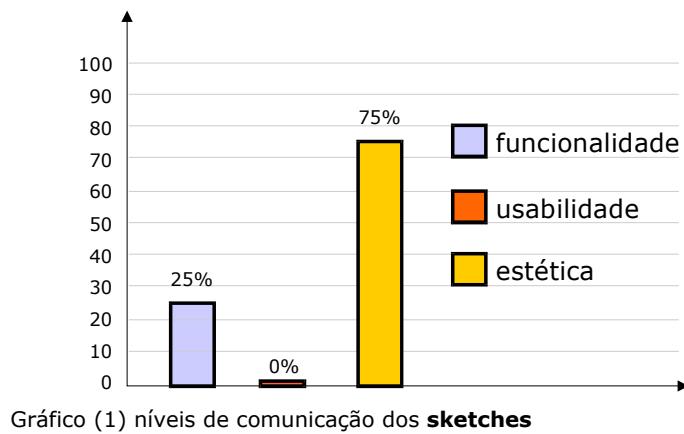
Níveis de Comunicação

Para definir o nível de cada canal de comunicação: usabilidade (**u**), funcionalidade (**f**) e estética (**e**), estabelecemos um porcentagem de cada canal e para cada autor baseado na análise de seu discurso, considerando o número de ocorrência desse elemento em cada canal.

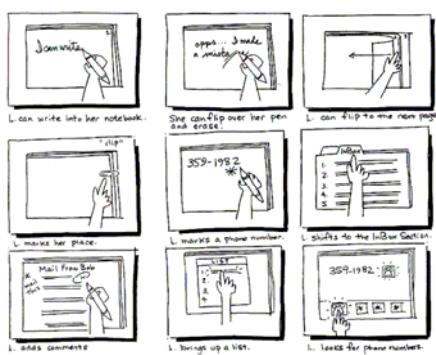
Por exemplo: para um autor que encontrarmos 1 ocorrência de estética (**e1**) e 3 de funcionalidade (**f1**, **f2** e **f3**), faremos um cálculo estatístico de proporcionalidade com pesos. Nesse caso dividiremos o número de ocorrência de um pelo o número de ocorrência de outro, que seria 1 dividido por 3, que dará para cada ocorrência um valor em porcentagem de 33,33% , que multiplicado pelo peso de cada um dará 33,33% para estética e 100% para funcionalidade. Depois o resultado final será extraído através de uma média simples em cada canal entre todos os autores.



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **sketches**:



2 Storyboard



Definição

Podemos chamar de storyboard, uma seqüência de quadros que ilustram o funcionamento de um sistema em resposta aos procedimentos ou ações do usuário. Nele desenhamos as ações que podem ser executadas pelos usuários e as respostas do sistema a essas ações, como: acionamento de botões, mudança de estado, troca de tela ou menu, *feedbacks*,...

Um storyboard não requer recursos sofisticados para a sua utilização, embora possa ser realizado através de computadores com softwares específicos, de forma estática ou animada, apenas com papel e caneta, post it ou etiquetas, é possível realizar um. Dessa forma entendemos que os storyboards podem ser feito de forma tradicional ou através de softwares como: Storyboard pro, Storyboarder.

O storyboard já tem sido usado a muito tempo por diretores de filmes e técnicos de esportes para descrever cenas de filmes e para apresentar jogadas ou estratégias defensivas ou ofensivas aos jogadores de um time respectivamente. Porém em 1982 com o lançamento do Storyboarder pela American Intelliware, o método começou a ser expandido para aplicações até antes nunca previsto, como modelar um sistema de forma tangível através de um processo interativo. Esse sistema tem permitido usuários participarem efetivamente do processo de validação de seus requerimentos.

Gill (2005) apresenta o storyboard como um método que ajuda o designer a compreender o contexto que envolve um produto. As histórias descritas no storyboard contam sobre características dos produtos e funções que permitem colocá-lo em funcionamento. Isso permite o designer compreender o contexto e habilita a comunicação com os demais atores e um diálogo útil com usuários potenciais do produto.

Snyder (2003) define storyboard como uma série de desenhos ou imagens que representam **(f1) como uma interface deverá ser usada para realizar uma determinada tarefa**, se comportando basicamente como um fluxograma.

Para Andriole (1989) storyboard é uma seqüência de telas que representam as funções que um sistema pode executar quando for formalmente implementado.

Para Jones e Marsden (2006) a idéia básica dos storyboards é que uma série de sketches devem ser desenhados para mostrar os passos requeridos em uma interação com uma interface. (f2) **Isso pode ser feito através de indicações de fluxo de atividades ou de indicações do que cada ação realizada, como a ativação de em um botão, representará para a mudança do sistema.** A imagem abaixo ilustra um pouco esse processo:

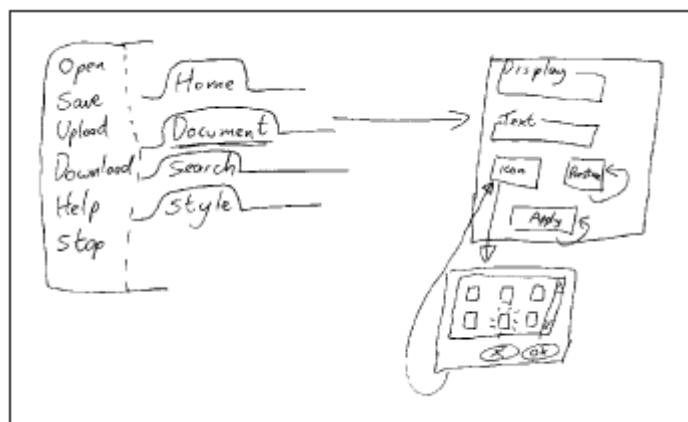


Figura (11) ilustração do fluxo de ações e funções de uma interface através de um Storyboard (fonte: Jones e Marsden, 2006)

Nesse ponto é importante entender o sentido em que ocorre a informação, se estamos comunicando funções do sistema ao usuário (funcionalidade do sistema) ou se estamos obtendo informações do usuário para ajustar o sistema (usabilidade do sistema). Acreditamos que em alguns casos podemos ter as duas situações ocorrendo simultaneamente, ou seja, no mesmo momento que estejamos informando o usuário como o sistema opera, podemos estar extraído informações a partir de seu comportamento visando ajustar o sistema.

usuário ⇛ sistema

Para Rogers, Sharp e Preece (2002), o storyboard é um protótipo de baixa fidelidade que é usado como auxílio de narrativa de descrição informal, (técnica conhecida como *Scenarios*). Segundo as autoras o storyboard seria uma seqüência de sketches que (u2) **mostram como um usuário pode proceder ao longo de uma tarefa** usando um equipamento que está sendo desenvolvido.

Em ambos os autores citados, vemos a idéia de série ou seqüência. Essa idéia tem origem nas tiras das histórias publicadas nos jornais, que deram origem a animação que conhecemos nos dias atuais. Hoje o termo está bastante relacionado à indústria de filmes, sendo bastante utilizado para tornar visual, cenas de um roteiro, facilitando: autores, atores, animadores, diretores e produtores extraírem informações específicas as suas necessidades e poder estabelecer uma sincronização cognitiva (compartilharem a mesma definição) a partir dele.

Utilização no processo de design

Os storyboards normalmente são utilizados como ferramenta de compreensão do fluxo das tarefas realizadas pelos usuários e como a interface irá suportar cada uma dessas etapas, podendo ser empregadas em testes de usabilidade mesmo não possuindo uma forma interativa tradicional. Isso faz com que o storyboard seja normalmente utilizado como um instrumento de comunicação e planejamento da interface entre os designers e desenvolvedores e para revisões com usuários.

Para Nam e Gill (2001) Storyboard são seqüências lineares com narrativas de histórias reais na forma de prosa, quase sempre ilustradas com figuras e desenhos. **(f9)Eles descrevem o contexto no qual o produto é desenvolvido ou ilustram a função do novo produto ou sistema no contexto.** O roteiro do storyboard faz com que haja uma introdução mental ao contexto de uso, o que pode ser importante para uma sessão de brainstorming, onde os participantes deverão propor conceitos de produtos através de sketches que depois serão comparados e discutidos.



Figura (12) ilustração da aplicação do método de Storyboard para narrativa de contexto e figura (13) produto final desenvolvido por estudantes auxiliados pela narrativa de contexto (fonte: Nam e Gill, 2001).

Em um storyboard usado para cenário, alguns elementos são importantes observar: (1) o ambiente e as circunstâncias da história. (2) Atores: incluir todas as pessoas presentes no contexto (3) Objetivos. O que as pessoas

querem fazer e o que elas estão fazendo no cenário (atividades) (4) Etapas de ações dos atores e eventos que acontecem a cada ação.

Para Andriole (1989) o importante no storyboard é (f2) **comunicar de forma comprehensível aos usuários às funções presentes no sistema**, verificar requerimentos a partir de questões subjetivas obtidas a partir de interações com usuários e para realizar (f3) **avaliações técnicas** com a equipe.

O Autor destaca a contribuição dos storyboards: (1) (f4) **demonstrar funções do sistema** (2) permitir (u4) **o ajuste o sistema a partir dos usuários** (3) (u5) **adaptar o design e o desenvolvimento dos sistemas analíticos de computadores a partir dos usuários** (4) trabalhar o custo do sistema de forma efetiva.

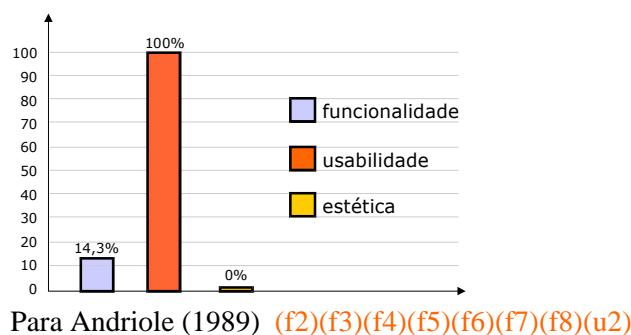
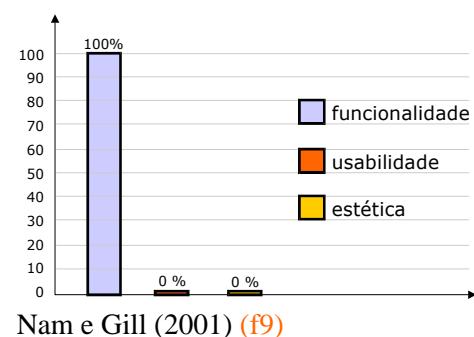
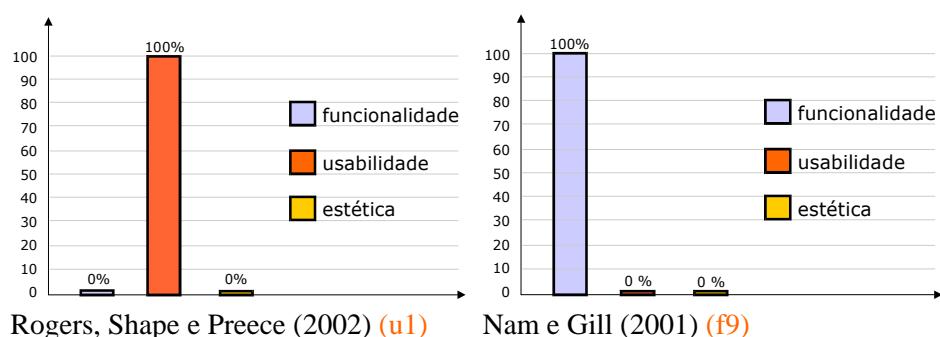
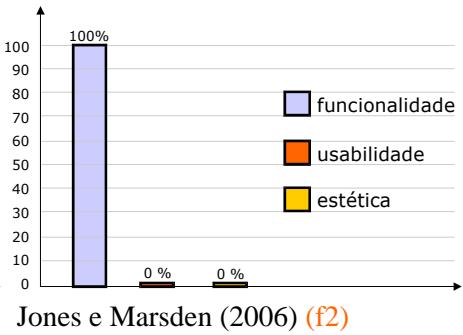
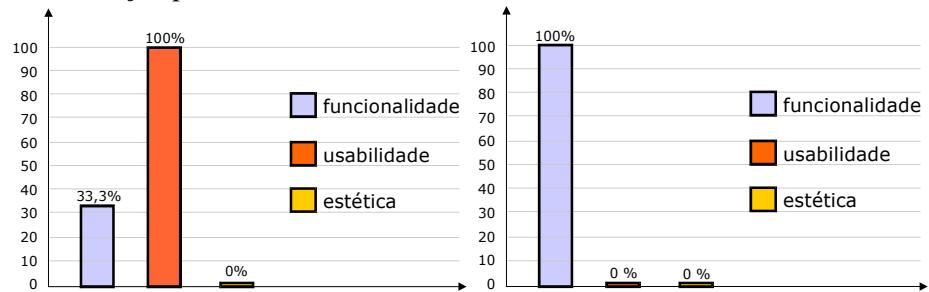
Segundo Andriole, os storyboards em seu formato dinâmico, ou seja, animado, podem oferecer ao processo outras contribuições como: (1) Linguagem natural para validação de requerimentos, (2) baixo custo em relação ao preço da (f5) **modelagem funcional** tradicional, (3) permite adaptar o sistema, (4) (f7) **simulação das capacidades do sistema** e (5) (f8) **demonstração das capacidades do sistema**.

A utilização do storyboard possui a vantagem de ser simples, barato e permitir que usuários avaliem a direção que a interface está sendo conduzida, porém possui algumas desvantagens como: (1) Mostra apenas superficialmente as interações do sistema (2) Necessidade de uma base de conhecimento em HCI, ou seja, familiaridade com sistemas, para que possa compreender o que se passa através deles.

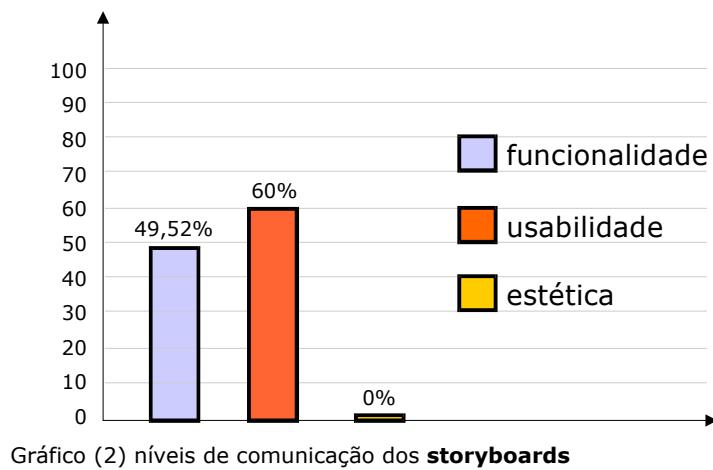
Snyder (2003), afirma que storyboards podem ser usados para diversas finalidades dentro do processo de design: (1) por desenvolvedores, que através de uma seqüência de cenas, (u5) **podem explicar a escolha que usuários fazem através do uso de um sistema**. (2) (u6) **pode ser usados para capturar narrativas dos clientes, levantamento de questões e informações a partir dos usuários**,... e que esse material serve de base para elaboração de idéias de design pela equipe, fazendo com que o uso de storyboard seja muito rico para o processo de design. (3) O storyboard permite realizar (u7) **teste de usabilidade**, a partir do momento que encoraja usuários a influenciar o design e não apenas a concordar com a cabeça com as nossas idéias.

Níveis de Comunicação

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)):



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **storyboards**:



3 Protótipo de Papel



definição

Snyder (2003) ([u1](#)) define “protótipo de papel” como uma variação dos testes de usabilidade onde usuários representativos desenvolvem tarefas reais através de um processo interativo com uma versão em papel das interfaces, que são manipuladas através de uma

pessoa “simulando um computador” que não explicita o modo como a interface foi planejada para trabalhar. Esse método pode oferecer uma ampla possibilidade de design, teste e refinamento para interfaces. Podendo ser utilizada também como ferramenta de *brainstorming*, criatividade, design, teste e comunicação.

Entre os projetos de design que podem tirar benefício desse tipo de protótipo podemos listar: interfaces com softwares, jogos, *websites*, produtos, manuais técnicos ou de ajuda ou qualquer sistema que requeira uma interface interativa com usuários, através de botões, telas, funções,... Em alguns casos pode ser necessário utilizar modelos, mockups ou produtos reais juntamente com os protótipos de papel para reproduzir uma simulação mais fiel de uso.



Figura (14) exemplo de desenvolvimento de interface com auxílio do protótipo de papel (fonte: Moggridge (IDEO), 2006).

Protótipos de papel podem ser desenvolvidos a mão livre ou através de computadores, porém no momento de uso precisam ser impressos em papel para que todos os benefícios planejados para esse tipo de protótipo, como interatividade, facilidade de montagem em nova ordem, facilidade de atualização a partir da interação dos usuários possa ser exercida plenamente.

A maioria dos suprimentos utilizados para a criação de um protótipo de papel podem ser encontrados em um escritório tradicional. Abaixo listaremos os suprimentos mais recomendados e mais utilizados (Snyder 2003).

	suprimento	utilização
1	Prancha de fixação	Quadro fixo onde os protótipos de papel são colocados
2	Papel em branco	Para desenhar, colocar notas,...
3	Cartões	Para criar protótipos pequenos, caixa de diálogo, mensagens pop-up, drop-down Menu,...
4	Canetas marcadoras (preta ou colorida)	Para desenhar os protótipos.
5	Marcador florescente	Usado para dar ênfase a partes do protótipo
6	Tesoura	Usado para cortar partes pequenas dos protótipos.
7	Fita colante transparente	Para colar e montar partes do protótipo
8	Adesivo de contato	Para colar e descolar partes do protótipo, permitindo mudar os elementos de posição
9	Fita post-it (opaca)	Para desenhar e escrever partes do protótipo que podem ser fixados e retirados a qualquer momento
10	Papel com transparência (acetato, vegetal,...)	Para permite usuários interagirem sobre o protótipo sem alterar o original.
11	Caneta que apague	Que permite escrever e apagar
12	Caneta corretora	Para pintar sobre regiões que precisam ser corrigidas
13	Material rígido (papelão, cartão,..)	Para criação de protótipos 3D.

Quadro (13) lista básica de suprimentos para criação de um protótipo de papel (fonte: Snyder,2003)



Figura (15) Imagem de materiais básicos que podem ser usados para criação dos protótipos de papel (fonte: Snyder , 2003).

Esses suprimentos ajudaram o designer a criar componentes do protótipo que irão ser utilizados durante o processo de análise com usuários. Entre esses componentes necessários para a criação do protótipo de papel podemos destacar:

Utilização no processo de design

Para que se possa realizar uma avaliação válida de design centrado no usuário, os protótipos de papel precisam reproduzir através de desenhos e ilustrações, um link entre essas características abstratas reproduzidas através desse protótipo, com as características do mundo real. Para isso citaremos algumas dessas técnicas utilizadas para simulação dessas características:

(1) Background – Nele desenhamos a base de nossa proposta, no caso de uma interface seria a tela. Ele é utilizado por diversas razões:

- Ajuda a orientar usuários ao reproduzir telas de computador ou telas de equipamentos eletrônicos. Isso ajuda o usuário a compreender a situação de uso. Alguns designers montam um modelo em papel com a imagem do produto ou interface e uma abertura com função moldura para mascaramento (“*blinder*”). Através dela o designer pode trocar a telas que projetou e realizar novos testes.

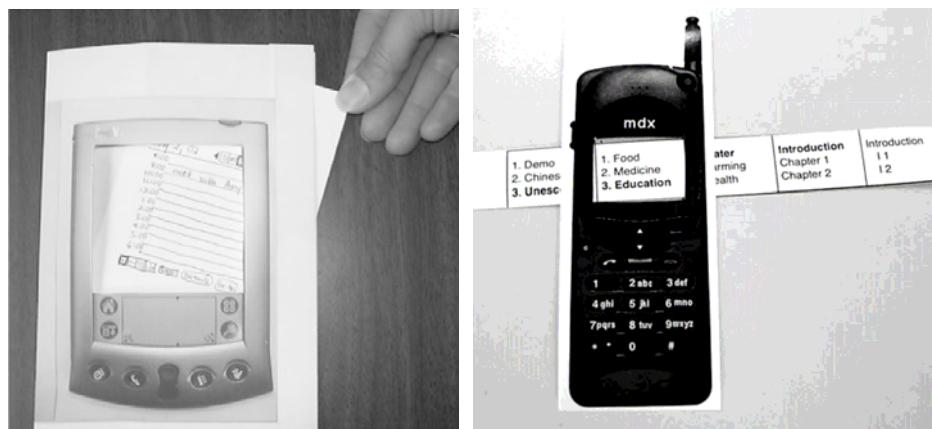


Figura (16) modelo “blinder” de protótipo de papel (Snyder, 2003) e Figura (17) teste de cenário também com processo “blinder” de protótipo de papel (Jones e Marsden, 2006).

- Diminui o trabalho no desenvolvimento do protótipo. Itens que se repetem em todas as interfaces podem ser desenhados nesse background e os elementos que se alteram são colocados sobre ele, ou desenhados em folhas de papel transparente, que podem ser modificadas a cada nova interação do usuário.
- Ajuda a organizar o que será utilizado durante a avaliação. Como existem normalmente diversas partes soltas do protótipo, os protótipos funcionam como um “tabuleiro” onde as peças são montadas para os testes.
- Em alguns casos, como em aplicativos e softwares, quando estamos realizando uma intervenção em um produto ou interface já existente, é recomendado que seja utilizado como background a imagem familiar

do produto existente. Isso ajudará os usuários a compreender as modificações que estão sendo propostas e assim permitirá uma melhor avaliação.

- Em alguns casos, principalmente na fase final de desenvolvimento, onde desejamos realizar uma análise de funcionalidade mais precisa, a proporção ou dimensão do produto ou interface será importante. Nesse caso o uso do background contribuirá para essa correspondência.

(2) Componentes do protótipo – Através deles desenvolvemos os elementos que irão ser posicionados sobre o background e irão compor o produto ou a interface. Entre os elementos podemos destacar:

- Botões e caixa de checagem (figura 19) podem ser simulados através de cartões que podem simular o seu layout e podem ser trocados facilmente. Através deles usuários irão adicionando e movendo partes da interface simulando um processo interativo.

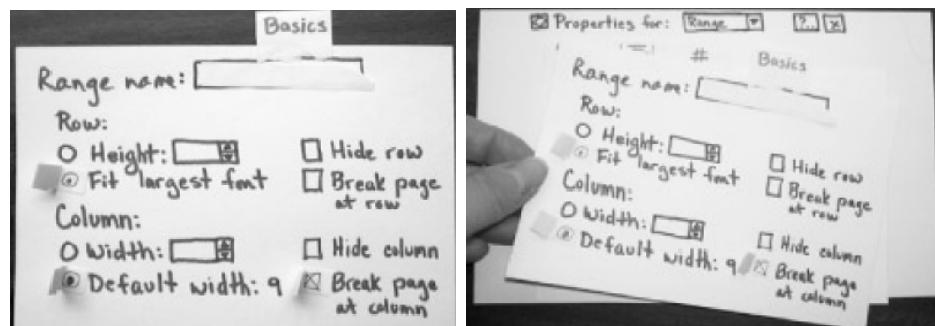


Figura (18) botões e caixa de checagem e Figura (19) Quadro de diálogo reproduzido através de um protótipo de papel (Snyder, 2003)

- Quadros de diálogos (figura 20) podem ser simulados através do empilhamento de seqüência de quadros. Esse posicionamento hierárquico, um sobre o outro, permite que a cada interação dos usuários seja retirada à camada ou quadro de dialogo superior, sendo apresentado o que esteja logo abaixo e que seria naturalmente apresentado em um processo interativo com o produto ou interface real.
- Campos de texto podem ser reproduzidos através de etiquetas onde o usuário pode escrever e fixar sobre os campos destinados a eles na interface.

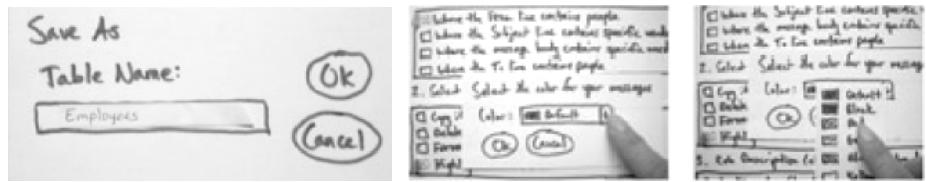


Figura (20) campos de texto | Figura (21) listas de menus reproduzidos através de um protótipo de papel (Snyder, 2003)

- Listas de menus *Drop down* podem ser simulados através de cartões onde serão apresentadas as novas opções para cada opção selecionada. No momento em que o usuário realiza alguma opção podemos colar uma lista com as opções disponíveis para aquela opção.
- Opções selecionadas podem ser simuladas através de fitas transparentes coloridas coladas sobre a opção marcada ou qualquer outro elemento que indique ênfase como contornos.

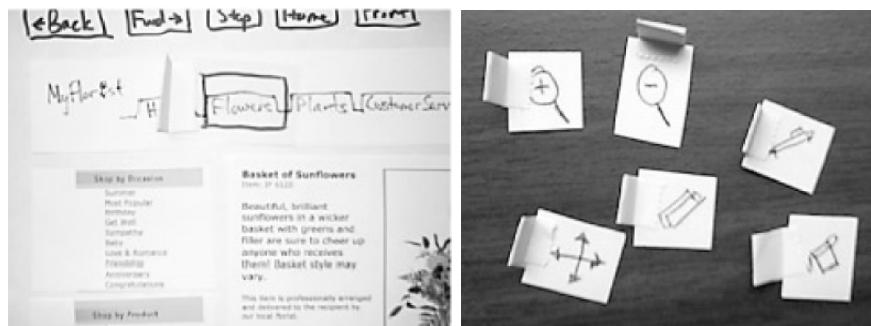


Figura (22) opções de seleção | Figura (23) tipos de cursores reproduzidos através de um protótipo de papel (Snyder, 2003)

- Tipos de cursores podem ser feitos separadamente em papel transparente, posicionado sobre as interfaces e trocados a partir da escolha do usuário ou de mudanças de funções ou áreas de ação na interface do sistema.
- Expansão de caixa de diálogo pode ser simulada através do mascaramento das opções ocultas que poderão ser reveladas (desmascaradas) no momento em que o botão de expansão for acionado pelo usuário.

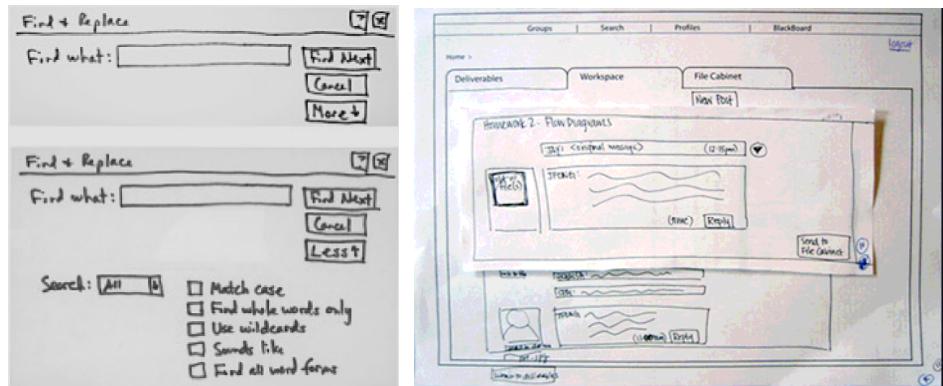


Figura (24) e (25) protótipos de papel de caixas de diálogos (fonte: Snyder, 2003 e Righetti, 2005)

- A expansão de listas (figuras 27) podem ser realizadas através de partes móveis que podem ser deslocadas para que possa ser encaixado um novo menu de opções da expansão da opção da lista inicial acionado.

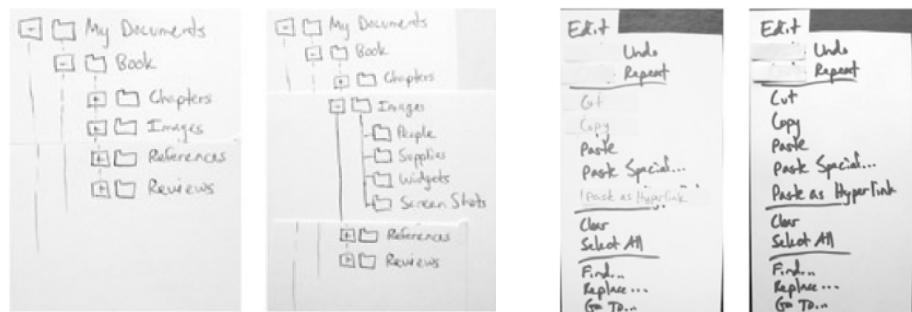


Figura (26) expansão de listas e figura (27) controles desativados simulados através de um protótipo de papel (fonte: Snyder, 2005)

- Controles desabilitados (figura 28) podem ser simulados através da criação do menu com todos os elementos em preto (habilitados) e sobre eles, fixadas funções em cinza claro (desabilitados) que poderão ser retiradas a partir de uma mudança do estado do sistema.

(3) Representando Ações dos Usuários – No processo interativo entre o usuário e o sistema, as ações dos usuários devem ser respondidas através do *feedback* do sistema. Esses *feedbacks* em muitos casos são fundamentais, pois geram mudanças na própria interface e levam o usuário a tomar novas decisões a partir delas. Nas simulações com os protótipos de papel isso é igualmente importante e precisam ser planejados para que ocorram de forma similar a de uma interface real. Essa atualização do sistema permitirá que sejam coletados os dados desejados sobre as ações e dificuldades dos usuários.

(4) Simulação de interação – Em alguns casos é necessário usar a imaginação para suprir algumas carências do processo interativo com o protótipo de papel. Nesses casos é necessária à utilização de soluções criativas como algumas que citaremos a seguir:

- Simulação de *tooltips* de ícones – *Tooltips* são os rótulos dos ícones que aparecem quando posicionamos o mouse sobre eles. Em uma interação com protótipos de papel, os usuários podem questionar em dado momento sobre a finalidade de um ícone. Nesse momento podemos utilizar uma breve orientação verbal que permitirá simular a função do *tooltip* sem quebrar a continuidade do processo.
- *Drag & drop* – Essas ações de arrastar e soltar são difíceis de serem reproduzidas em um protótipo de papel, porém com criatividade, nas interfaces que necessitam ser simuladas essas operações, podemos questionar os usuários sobre o momento onde eles iniciam e terminam cada uma delas, tendo assim um feedback desejado.
- Botão direito do Mouse – Esse recurso pode ser reproduzido em uma audiência com protótipo de papel de duas formas: Podemos solicitar ao usuário que verbalize a sua operação para que possamos apresentar o conjunto de opções dessa ação, ou simular um mouse e acompanhar as operações de cliques realizadas pelo usuário.
- Slide de progresso de operação – Esse recurso pode ser importante para repassar o tempo que deverá ser gasto pelo sistema para processar uma operação. Ele pode ser reproduzido de 2 formas: ou verbalmente ou através de um cartão com rasgo ou abertura onde podemos deslocar uma tira reproduzindo o andamento ou tempo de processamento.
- *Link* na página – Isso pode ser reproduzido também verbalmente, devemos deixar alguma indicação que o item pode ser um link, como sublinhando ou mudando a cor, podemos também orientar o usuário a solicitar confirmação do moderador se um item presente na interface do protótipo de papel possui realmente a função de link.
- Barra de rolamento – possui importante função em interfaces, pois podem revelar novos conteúdos escondidos na página. Podemos reproduzir esse comportamento através do uso de um background que servirá de mascaramento para apresentar apenas parte da página. O acionamento dessa barra pode ser reproduzido com o deslocamento dessa página dentro desse mascaramento, revelando um novo conteúdo antes escondido.

Alguns benefícios estão previstos no uso de protótipos de papel: (1) ter um rápido feedback de uso antes que seja investido esforço na sua implementação (2) ser fácil e rápido de produzir, dando a possibilidade de se experimentar várias idéias em pouco tempo. (3) Facilitar a comunicação entre designers, desenvolvedores e usuários (4) não necessita de conhecimentos técnicos ou multidisciplinares para ser implementado, facilitando a participação e integração de toda equipe (5) **(u2) Estimula a criatividade no processo de design e na interação com os usuários** (Schumann et al, 1996), (6) baixa intimidação na sua utilização em relação a outros métodos, como computadores, principalmente entre os adultos ou mais velhos, na maioria dos casos menos acostumados com equipamentos tecnológicos (7) encoraja usuários e designers a sugerir mudanças, o alto grau de acabamento dos protótipos e a dificuldade na realização das modificações pode inibir sugestão (8) protótipos detalhados ou acabados estimulam avaliações estéticas, ao utilizarmos protótipos desenhados a mão focamos a atenção nos aspectos funcionais (9) diminui conflitos durante a fase de defesa e seleção de alternativas de design.

Pesquisa realizada por Snyder (julho/2002) mostram que os protótipos de papel são considerados essenciais ou úteis por 30% e 56% respectivamente e que **(u3) 0% dos profissionais consideraram essa técnica sem utilidade em usabilidade.**

Os protótipos de papel têm sido utilizados para realização de testes de usabilidade em diversos caminhos: (1) aplicações de Softwares, (2) web sites, (3) aplicações em WEB, (4) interfaces de equipamentos, (5) game design,.... Como vemos a maioria desses produtos, principalmente os de maior complexidade, requerem conhecimentos de programação para serem implementados, dessa forma, realizar protótipos implementados por programação desses produtos em fases iniciais de design demandaria muito tempo. Essa é uma das principais vantagens na prototipagem de papel, poder ser realizada em pouco tempo, sem a necessidade de conhecimento específico, diretamente por usuários em diversos contextos, com grande facilidade de execução e alteração, pois eles não necessitar de nenhuma programação para serem realizados.

A utilização de protótipo de papel possui a vantagem de ser simples, barato e com grande possibilidade interativa e participativa de usuários encorajando-os a realizar modificações dinâmicas nas interfaces, porém possui algumas desvantagens como: (1) Em alguns casos, necessidade que equipamentos para registro como: Câmeras e Microfones (2) Necessidade de conhecimento de HCI e familiaridade dos usuários como os modelos de interfaces que serão avaliadas.

Jones e Marsden (2006) apontam que após a organização da interface através de sketches com todos os elementos chaves, **(u4) (f1) eles podem ser preparados para que usuários interajam através de um sistema básico de funcionalidade.** A figura (25) mostra um sketch preparado para um processo interativo com funcionalidades básicas através do uso de *post-it*. Nesse caso os sketches deixam de se enquadrar em sua classificação inicial passando a se enquadrar na classificação de protótipo de papel.

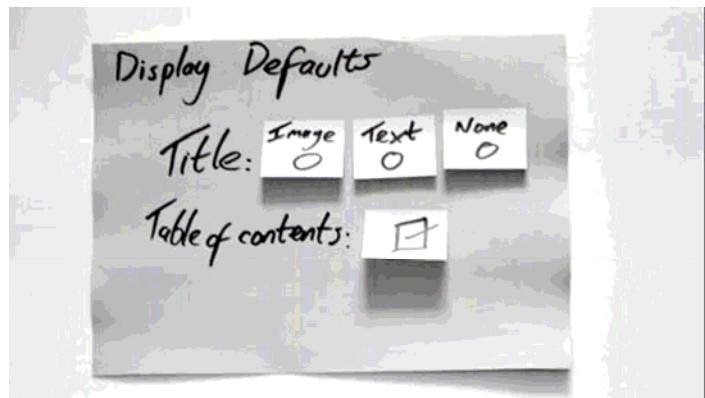


Figura (28) protótipo em papel com post-it representando a funcionalidade básica do sistema (fonte: Jones e Marsden, 2006)

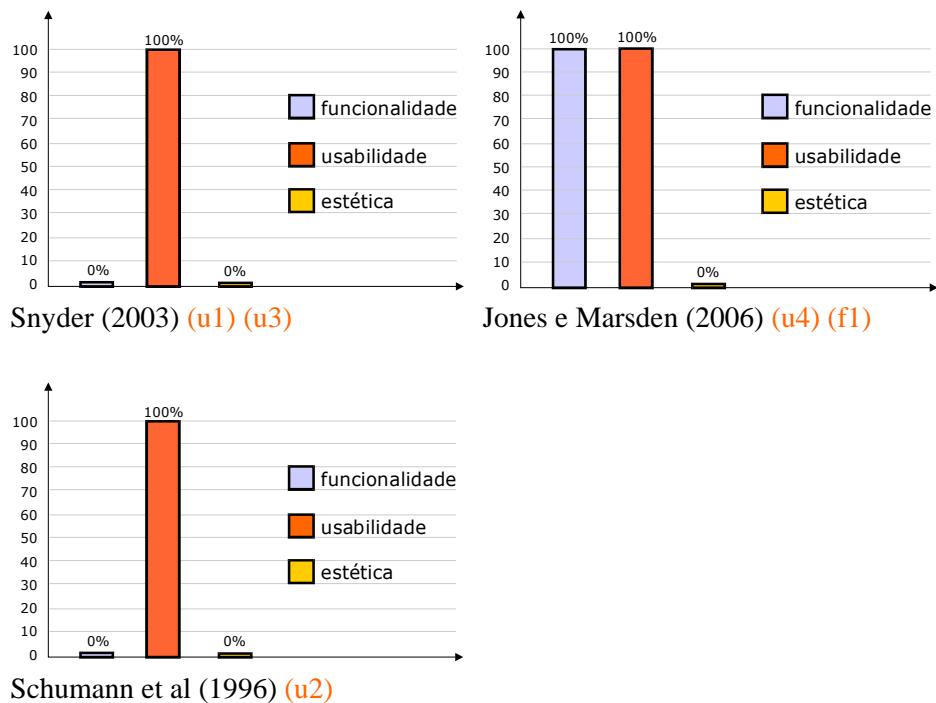
Como exemplo, podemos apresentar algumas aplicações desse método no processo de design:

Snyder (2003) apresenta um exemplo do desenvolvimento de uma interface do software Mathworks com auxílio da prototipagem em papel. O software é utilizado para visualização das diferenças existentes entre imagens geográficas. Para comparar imagens elas precisam ser alinhadas. Sendo assim, foram desenvolvidos protótipos que pudessem explorar formas para realizar essa operação de alinhamento de imagens dentro da interface do software.

Algumas questões precisavam ser respondidas: (1) quais eram as informações que deveriam ou necessitariam realmente ser apresentadas na tela? (2) O que os usuários precisavam observar nas imagens e como gostariam de controlar os pontos a serem observados? (3) os usuários preferiam informar um ângulo de ampliação desejado ou indicar um fator de escala de zoom para enquadrar as imagens na forma preferida? Através do protótipo de papel foi percebido que os usuários necessitam ter uma visão global e uma visão detalhada. Dessa forma podemos entender que o protótipo de papel viabilizou previamente recolher informações a partir dos usuários, que possivelmente só seriam descobertas após uma primeira versão implementada. O que permite iniciar o processo de desenvolvimento de design de forma mais segura a partir de dados concretos coletados.

Níveis de Comunicação.

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)) :



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **protótipos de papel**:

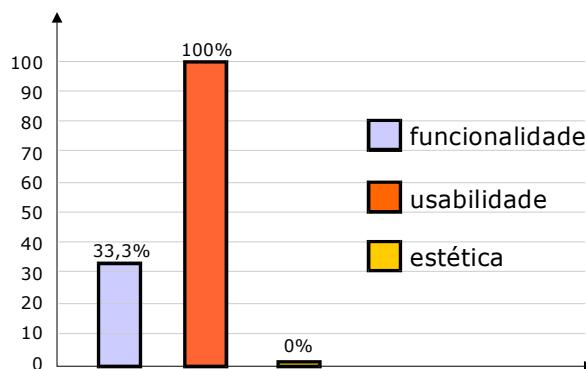


Gráfico (3) níveis de comunicação dos **protótipos de papel**

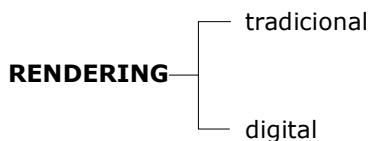
4 Rendering



Definição

Podemos chamar de rendering, representações visuais estáticas realísticas ou bem aproximadas de um produto ou sistema final, produzida de forma manual, pelo método tradicional com pintura, ou digital, através de softwares gráficos específicos.

Dessa forma os métodos de rendering podem ser divididos em duas técnicas principais: (1) **rendering tradicional**, feito à mão ou com instrumentos manuais através de pintura à lápis, pincel, aerógrafo⁹ ,...(2) **rendering digital** feitos com sistema computadorizado através do uso de softwares e aplicativos gráficos bidimensionais (Photoshop, Ilustrator, Coreldraw,...) e tridimensionais (3ds max, Maya, Rhinoceros,...). O que nos leva a classificar os rendering da seguinte forma.



Para Gill (1991) o rendering tem por objetivo dar ilusão de realismo às representações bidimensionais transformando-as em representações tridimensionais de objetos e vistas, (**e1**) **visando que essa possa ser utilizada para fornecer uma exata imagem**, que será de inestimável valor comunicativo entre designers e clientes ou entre esses e o seu público. Dessa forma, o rendering pode ser descrito como o processo de interpretação gráfica pictorial do que é visto ou do que é conhecido para apresentar um produto antes de ser produzido. Sendo assim, o rendering deve ser antes de tudo o compromisso com a representação da realidade.

O autor destaca a importância de aprender a ver: para ele, “antes de aprender a representar é necessário aprender a ver. Antes de aprender a ver é necessário aprender a olhar. Antes de aprender a olhar é necessário aprender o que olhar. Antes de compreender o que vemos é necessário aprender os princípios que envolvem o que vemos”. (tirado do texto *A importância de aprender a ver* | Gill (1991)).

Como o principal o objetivo do rendering é representar as características visuais encontradas no produto ou sistema. A observação e os aspectos cognitivos reais passam a ser os principais fatores para a sua

⁹ Instrumento de pintura pequeno, utilizado para desenvolvimento de rendering através da compressão de ar e emissão de um fino spray de tinta.

construção. Em um rendering tentamos revelar a forma, a textura, os brilhos, os reflexos, as refrações, as cores, os relevos, as transparências, influências do ambiente,... existentes no produto ou sistema final ou real. Aspectos óticos como: perspectiva, profundidade de campo, posicionamento de observador, de luz e de sombra, retenção e transmissão de luz,... também devem ser conhecidos para que possam ser corretamente representados.

Utilização no processo de design

Os renderings são previstos no processo de design nas fases finais de desenvolvimento (representação final e documentação do produto). O objetivo é apresentar uma imagem o mais fiel possível do produto, para que possa ser utilizada em avaliações para escolha entre alternativas e elaboração do design e para representação final do produto.

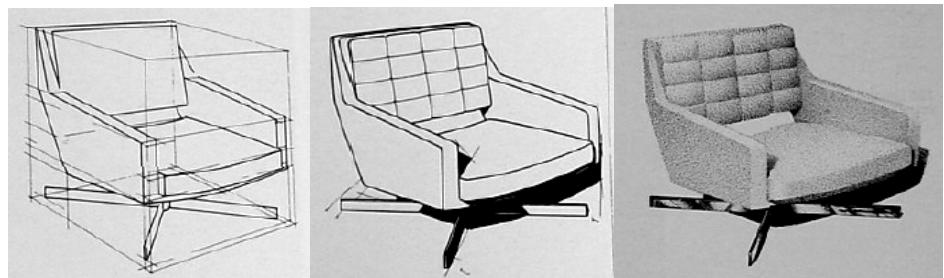
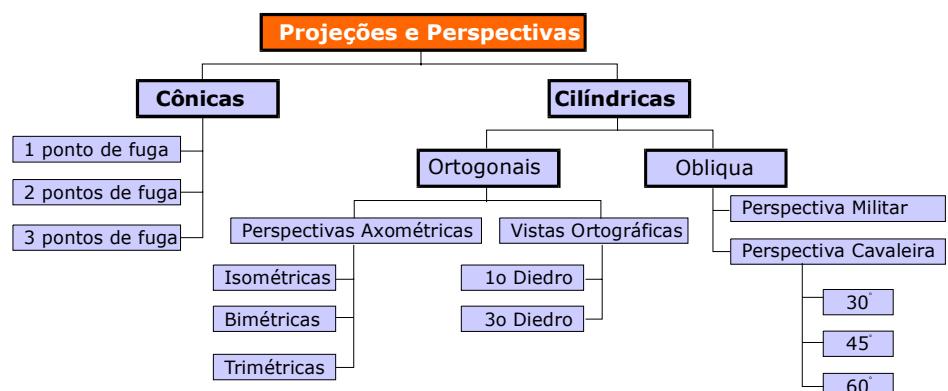


Figura (29) algumas etapas da técnica de construção de rendering pelo processo tradicional (fonte: Gill, 1991)

Na construção de um rendering, por exemplo, de um produto, o controle de luz e sombra passam a ser um dos principais aspectos que originaram a técnica e que necessitam ser controlados pelo designer. A luz revela a forma. Assim saber equilibrar a sua utilização é saber revelar também como a forma será percebida.

Conhecer os tipos de perspectivas, as sensações e os níveis de compreensão exercidos por elas, é um importante princípio para construção do rendering. Podemos classificar as projeções e perspectivas da seguinte forma :



Quadro (14) classificação das projeções e perspectivas

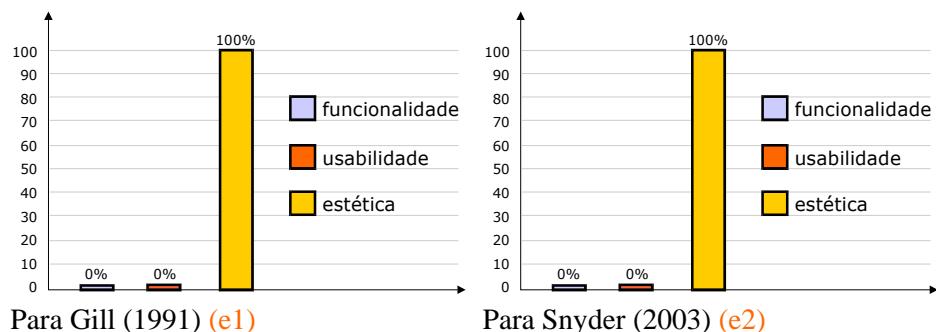
Segundo Souza (1972), as perspectivas cilíndricas mais expressivas para comunicação e compreensão da forma 3D são as: cavaleira 45° e isométricas ou seja, aquelas as quais tanto o ângulo de visão no plano xy quanto em relação ao plano xy tendem 45°. As perspectivas cônicas podem seguir a mesma orientação, dando preferência ao uso de 2 ou 3 pontos de fuga.

Para Snyder (2003) (e2) o esforço para criar uma forma de apresentação visual de um projeto pode se dividir entre o tempo de design e o tempo de rendering. Primeiro é necessário definir o propósito e os elementos que deverão conter o produto ou sistema, depois é o momento de criar uma imagem do sistema (rendering) à mão ou via computador, para que a idéia existente em nossa cabeça possa ser vista por todos.

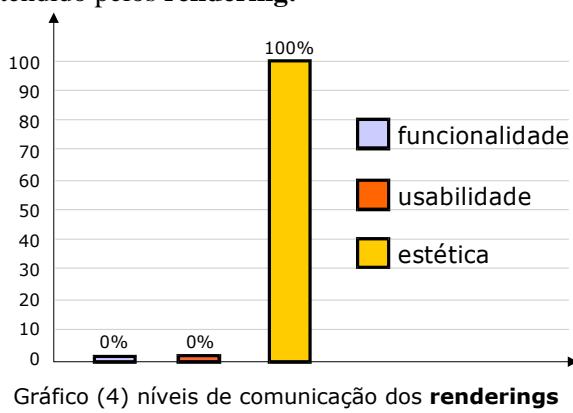
Porém alguns aspectos seriam importantes considerar ao desenvolver um rendering: (1) qual a sua necessidade na fase atual do processo de design (2) qual o esforço e tempo que será gasto para a sua produção de acordo com o método escolhido e (3) qual a sua habilidade com o método escolhido.

Níveis de Comunicação.

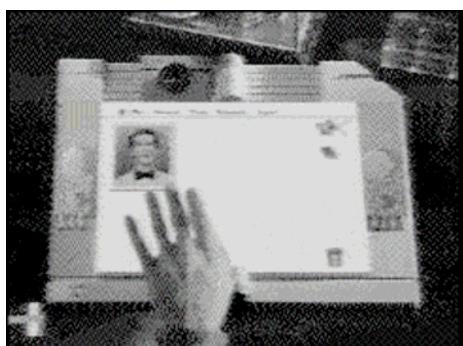
A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)) :



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos rendering:



5 Animação



Definição

Podemos definir a animação como sendo uma seqüência de imagens, exibidas em movimento contínuo. A velocidade de exibição pode variar de acordo com a aplicação: Tv (NTSC e Pal-M) usa 30 quadros por segundo (*frames per second* (fps)) e o cinema normalmente

usa 24 fps. A exibição de imagens com uma velocidade superior à 12 fps já garante a ilusão de movimento contínuo por características físico-químicas da persistência de imagens em nossa retina.

Literalmente, animação representa “dar a vida” a algo. Isso inclui movimentar elementos ao longo do tempo (dinâmica do movimento), atualizar atributos dos elementos da cena como: cor, forma, textura,... (atualização dinâmica), mudanças na cena como: luz, sombra, foco, campo de visão, (dinâmica do ambiente) e ainda mudança de técnica de rendering, cálculo matemático, efeitos visuais pós-processados,... (dinâmica do processo).

Algumas técnicas de animação estão sendo desenvolvidas e utilizadas como ferramenta de comunicação. Dessas podemos destacar:

- (1) **animação tradicional.** Seqüência de desenhos desenvolvidos à mão, através de lápis e papel, auxiliados por mesa de luz, que permite visualizar o conteúdo dos desenhos anteriores e posteriores (*key frames*¹⁰) para a realização dos quadros intermediários do movimento (*inbetweening*). Esses podem ser posteriormente digitalizados, colorizados e montados com auxílio de computadores ou através de mesas digitalizadas (*tablets*) e softwares específicos como: Mirage (Bauhaus software), Moho (Lost Marble), PAP (Krogh Mortensen Animation), Toon Boom studio (Toon Boom Studio),... Através dos recursos digitais podemos realizar as mesmas operações previstas pelos processos tradicionais.
- (2) **stop motion.** Seqüência de imagens estáticas de elementos, objetos, pessoas (*pixilation*¹¹) e personagens (“animação de massinha”), capturadas com variação de conteúdo, posicionamento, escala, deformação,... Através de máquinas fotográficas, *web cam*, câmeras

¹⁰ São os quadro principais de uma animação. Eles marcam o inicio e final de um movimento.

¹¹ É uma técnica de stop motion onde pessoas são usadas para criação de um filme de animação através de fotografias capturadas quadro à quadro.

analógicas ou digitais e compostas para dar a ilusão de vida e movimento. Esse processo pode ser auxiliado através de esqueletos devidamente estruturados, materiais especiais e softwares específicos como: Stop motion pro e Stop motion maker.

- (3) **Rotoscopia.** Seqüência de desenhos ou de intervenção artística realizado sobre um vídeo, utilizado como referência para reprodução aproximada dos movimentos nele contido. Normalmente é desenvolvido utilizando softwares específicos que permitem desenhar e inserir vídeo como referência como: Stop motion maker; Mirage e ToonZ e por softwares gerais para composições artísticas como Adobe After Effects, e Autodesk Combustion.
- (4) **Animação e simulação 3D.** Desenvolvido por softwares específicos de animação (3ds Max, Maya, Lightwave, XSI,...) ou de CAD (Inventor, Solidworks, CATIA,...), utilizando diversas técnicas como: (1) definição de quadros chaves (*key frames*) e interpolação automática dos quadros intermediários (*inbetweening*). (2) Transferência dos movimentos de elementos e pessoas reais para personagens e objetos virtuais 3D, através da captura dos movimentos realizada por equipamentos específicos de *motion capture*¹² e pontos de controle fixados nos agentes que depois são filtrados e transferidos aos reagentes através de softwares específicos como: Character studio. (3) Simulação dinâmica e física aproximada ou real realizada por operações matemáticas como: cálculo de elemento finito (FEM) e aplicativos como: Havok reactor que permitem simular: montagem, interferência, colisões, fraturas, esforços... e reproduzir elementos como: fluídos, objetos rígidos e flexíveis, tecidos, cordas, ... e ainda forças como: gravidade, densidade, vento, peso, atrito... que permite por exemplo testar a resistência dos produtos, aerodinâmica, mecanismos, deformação, ...
- (5) **Composição.** Montagem em computação gráfica através de softwares específicos como: Premiere, Final Cut, After Effects,... utilizando diversas fontes e recursos como: vídeo, imagens, animação, textos... e diversos processos como *chroma*¹³, transição, mascaramento, correção de cor, efeitos, ... para criação de vídeos destinados a publicidade, treinamento, expressão artística,...

¹² Também conhecido como motion tracking, é uma ferramenta de análise de movimento biomecânica desenvolvida nos anos 70 e 80 e que foi expandida para utilização em treinamento, educação, esporte, e recentemente na computação gráfica, cinema e vídeo games.

¹³ é um sinal de cor usado em muitos sistemas de vídeo para separar a imagem principal de seu cenário.

Utilização no processo de design

Animação tem sido amplamente utilizada em áreas onde o design pode efetivamente atuar, como: a indústria de entretenimento, na área de educação, design instrucional, design da informação, design de game, visualização científica, simulação criminal, de vôo, médica, militar e criação de maquetes e modelos digitais para simulação de engenharia, arquitetura e design.

Embora a animação tenha diversas finalidades, ela deve ser utilizada como método de prototipagem no processo de design para comunicar algo planejado para uma audiência específica, através de uma apresentação visual ou áudio-visual de um ou vários atributos de um produto ou sistema. A finalidade é utilizar esse modo de comunicação como ferramenta de apresentação e exploração das características do design, que permitirão obter *feedbacks* de usuários, clientes, designers, profissionais de marketing e fornecedores. Esses *feedbacks* possibilitarão realizar avaliações e futuras modificações.

Para Forti (2005), a animação é uma importante ferramenta para avaliação do design do produto. (f1)Através delas podemos testar encaixes, montagens e até mesmo o funcionamento mecânico das peças, o que permite avaliar as possíveis modificações em seu design.

Para Liu et al (2002) (e1) (f2) a essência do design de animação é produzir arquivos multimídia capturando o design do produto de todos os ângulos e movimentos possíveis para demonstrar efetivamente como o novo produto será visto e como funcionará. Os autores afirmam ainda que através do arquivo de animação, podem ser realizados treinamentos técnicos como os de montagem e manutenção dos produtos e uma avaliação simultânea do design do produto com todos os atores do processo de desenvolvimento (clientes, designers, profissionais de venda e marketing, engenheiros,...).

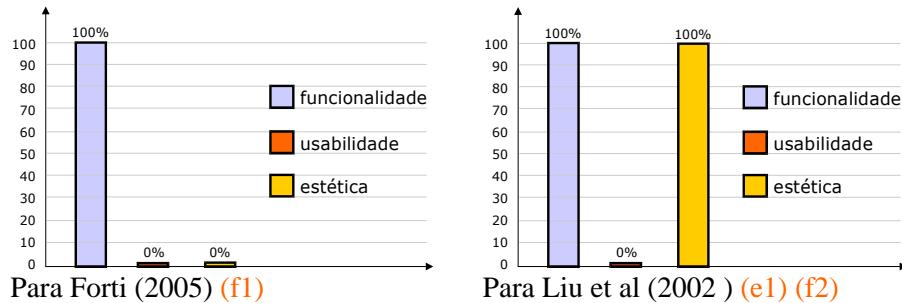
Como exemplo, podemos apresentar uma animação 3D desenvolvida pela Max Studio, para uma empresa de equipamentos eletro-eletrônicos (figura(31)) com objetivo de apresentar para os clientes e usuários as características do produto e o seu modo de funcionamento.



Figura (30) seqüência de imagens de uma animação 3D utilizada para apresentação das características de um produto.

Níveis de comunicação

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(**u**), funcionalidade(**f**) e estética(**e**)) :



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelas **Animações**:

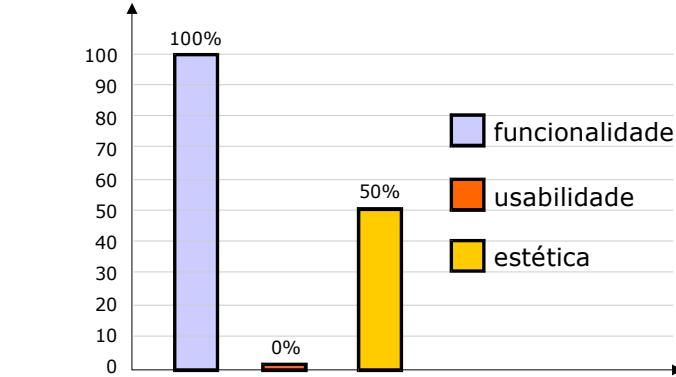
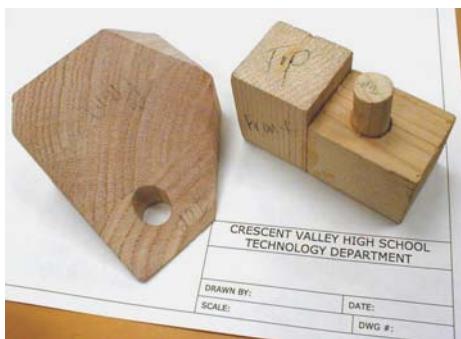


Gráfico (5) níveis de comunicação das **animações**

6 Modelo



Definição

Podemos definir modelo como sendo qualquer estado físico de um produto realizado em escala de ampliação ou de redução, no mesmo material do produto final ou em material alternativo, com ou sem recursos funcionais.

Para Backx (1994), modelo (maquete) se difere de protótipo e mockup por utilizar escalas diferentes da escala natural 1:1, ou seja, são feitos através de escalas de redução ou ampliação.

No design gráfico, o modelo seguiria essa mesma definição, seria a impressão em tamanho reduzido ou ampliado, ou seja, fora da escala natural 1:1. Como exemplo: podemos citar um projeto gráfico de um *outdoor*. Ele dificilmente poderia ser impresso para uma avaliação preliminar em escala natural.

Segundo Baxter (1998) no sentido técnico, o termo *modelo*, é uma representação física ou matemática de um objeto. No projeto pode ser uma representação completa do produto ou parte dele (e1) **com a finalidade de apresentar a aparência visual desse produto.**

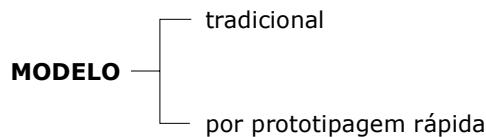
Para o autor existem 3 diferenças entre modelos e protótipos: (1) **a escala**. Os modelos trabalham em escala de ampliação ou redução, enquanto os protótipos, como conhecidos, usam apenas a escala natural 1:1. (2) **Os materiais**. Nos modelos podem ser bastante variados: papel, madeira, gesso, massa de modelar, poliuretano,... enquanto no protótipo devem ser iguais ao do produto final. (3) **o funcionamento**. (e2) **Os modelos geralmente se destinam ao estudo da forma, não contendo elementos funcionais** enquanto nos protótipos essa funcionalidade deve estar disponível para ser explorada.

Para Goldschmidt e Porter (2004) (f1) **os designers ligados à engenharia examinam além da qualidade dos materiais, as funções e as performances dos objetos antes mesmo da estética material**. Dessa forma o design não é elaborado através de entidades isoladas, mas frequentemente **através de “modelos revisados”** de um produto prévio existente com propriedade que serão usualmente avaliadas de forma quantitativa. Assim Representações devem seguir dois caminhos: (1) eles são partes da cultura e (2) respondem as necessidades e expectativas dos membros e da sua audiência.

Utilização no processo de design

Os modelos possuem diversas aplicações no processo de design: (1) apresentar o produto para os demais atores do processo (2) ajudar o designer a desenvolver novas idéias (3) Auxiliar o designer visualizar formas complexas, que dificilmente poderão ser compreendidas apenas com o auxílio da memória de curta duração (ver item 2.2.3). (4) criar um artefato para realização de testes físicos aerodinâmicos, formais... (5) para visualizar a integração entre partes constituintes de um produto final (6) criar uma representação para ilustração de documentação técnica e manual do usuário.

Os modelos podem ser produzidos de duas formas: (1) **tradicional** desenvolvido manualmente ou com auxílio de qualquer ferramenta que não seja de controle numérico (CNC) (2) **prototipagem rápida**, ou seja, impressos em 3D através de máquinas de prototipagem rápida controladas por controle numérico (CNC). A seguir veremos alguns exemplos de utilização dos modelos a partir dessas duas técnicas de produção aplicadas ao processo de design.



(1) modelo tradicional

Como explicado anteriormente o modelo dito tradicional em nossa classificação, seria qualquer modelo (que sigam as características definidas para modelos) produzido através de ferramentas que não utilizem controle numérico. Isso inclui modelagem manual, com ferramentas manuais ou elétricas sem controle numérico (CNC), ou seja, que quase sempre exploram competências manuais.

Embora estejamos em um novo momento tecnológico, onde as máquinas já podem executar modelos no lugar de nossas mãos, a experiência tática adquirida durante uma modelagem manual, que acompanha toda nossa evolução humana, ainda permanece útil e até o momento, insubstituível.

Escritórios de design de automóveis dividem suas preferências entre: as ferramentas de CAD e a possibilidade de modelagem manual. Muitos deles acreditam que esse é o melhor caminho para visualizar o desenvolvimento do design em três dimensões. Os modeladores da GM, por exemplo, usam sketches, rendering e depois modelam o projeto de seus carros em uma escala 1:4, usando o recurso do espelho para reduzir o tempo total de modelagem (figura 32). Os designers que trabalham a forma do carro através modelo físicos consideram esse um caminho preciso para observação e percepção da forma e da proporção do design.



figura (31) Designers da GM usando um modelo em escala 1:4 para esculpir e visualizar a forma e a proporção de um automóvel (fonte: Car Design Online).

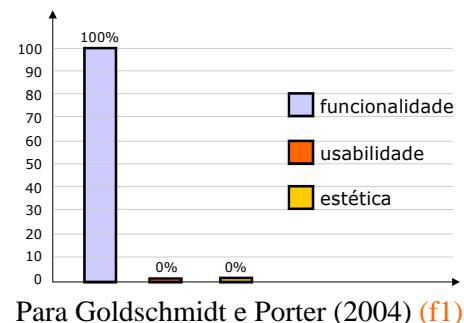
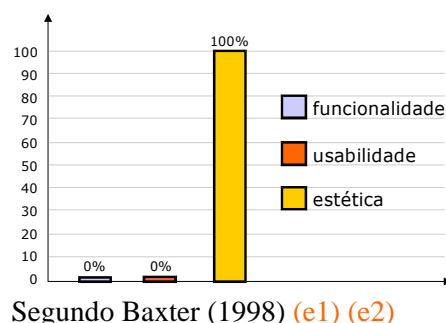
Para Evans (2005) (e3) **Através das técnicas de criação de modelos, designers indústrias contam com a oportunidade de usar suas mãos para uma exploração tátil e desenvolvimento da forma.** Essas interações físicas possuem um grande potencial de guiá-los na tomada de decisão e direcionamento, em vários caminhos, para a evolução do design. Fazendo com que essa interação manual tenha um valor inestimável, principalmente quando trabalhamos com superfícies complexas. Então, a compreensão dessa experiência não pode ser substituída pela interação com *grips* (pontos de controle para manipulação de objetos) proposta pelos softwares 3D (Owen, 2001).

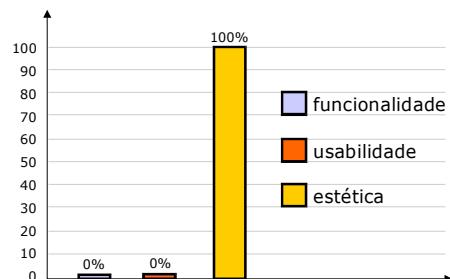
(2) modelo por prototipagem rápida

É desenvolvido com a mesma tecnologia descrita em mockups físicos de média fidelidade por prototipagem rápida.

Níveis de comunicação

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(**u**), funcionalidade(**f**) e estética(**e**)) :





Para Evans (2005) (e3)

Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **modelos**:

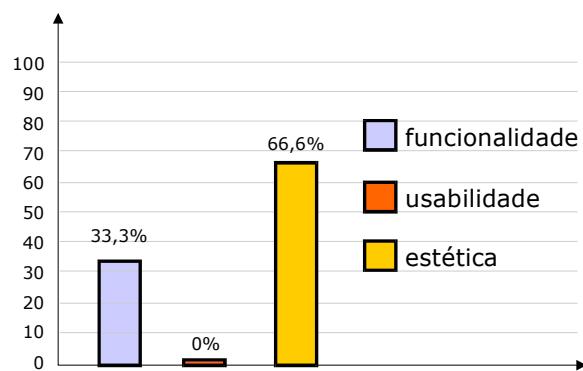


Gráfico (6) níveis de comunicação dos **modelos**

7 Façade

Righetti (2006) define *Facade tools* como ferramentas de média fidelidade, capacitadas a construir uma tela de interface do usuário (UI) aproveitando as vantagens presentes em um protótipo feito com lápis e papel e a interatividade básica presente em um protótipo executável, ou seja, capaz de responder a inputs, como o clique de um botão. Para o autor, as ferramentas Façades permitem criar protótipos de Interfaces (UI) que foquem o design gráfico e o comportamento interativo. Sendo assim, elas podem ser usadas tanto para desenvolver os aspectos visuais da interface e avaliar o seu conteúdo e layout, quanto para realizar análise dos aspectos interativos como a funcionalidade de sua navegação.

Para Newman et al (2003) A prototipagem Façade é um método onde um produto é simulado em duas dimensões em uma tela de computador. Entre as ferramentas que permitem criar esse tipo de protótipo o autor cita: Hypercard, Director, Powerpoint, Flash e Denim.

Moggridge (2006) afirma que as técnicas de prototipagem usadas para projetar interfaces precisam combinar possibilidades de representação bidimensionais com a possibilidade de realizar alterações ao longo do tempo. Dentre as ferramentas que permitem desenvolver esses dois requerimentos em ambiente computacional podem ser incluídos: o Hypercard, Supercard, Visual Basic, Videoworks e Macromedia Director.

Contudo, visando ampliar as possibilidades das ferramentas destinadas ao processo de desenvolvimento de interfaces, diversos pesquisadores como: James Landay, Brad Myers, Jimmy Lin, Jason Hong, Anoop K. Sinhá, Jack Chen e alguns centros de pesquisa como: Universidade da California, Berkeley e Carnegie Mellon University (CMU), trabalharam em conjunto para desenvolver novas ferramentas digitais de prototipagem de interface, denominadas por eles, “ferramentas informais”, das quais podemos citar: **SILK** (James Landay and Brad A. Myers), **Denim** (James Landay), **SUEDE** (Jack Chen), **QUILL** (Jason Hong e James Landay), **Damash** (Jimmy Lin e James Landay,), **SATIN** (Jason Hong e James Landay), **PatchWork** (van de Kant et al) ([consulte http://uir.berkeley.edu/projects](http://uir.berkeley.edu/projects)). Elas foram desenvolvidas com base na metodologia de design digital praticada pelos profissionais, nas necessidades reais do mercado e somam a experiência de outros métodos existentes de prototipagem como: sketches, storyboard, Wizard of OZ e protótipo de papel, a estruturação e avaliação de design com usuários (Análise da tarefa, teste de Usabilidade,...) com os benefícios das tecnologias digitais.

Para Walker, Takayama, e Landay (2002), desde que os protótipos de baixa fidelidade (que usavam papel) foram transportados para o computador, através do uso de sistemas como DENIM, SILK e Patchwork, estudos tem atribuído a ele a dimensão de média fidelidade. Isso estende os trabalhos anteriores através da separação dos protótipos em um meio termo, a partir de outro aspecto de fidelidade, como o dimensionamento do efeito no usuário a partir do feedback durante os testes.

Para Gill (2005) (u1) **uma das principais vantagens dos protótipos Façades é que eles permitem usuários interagirem diretamente com as representações do produto.** A principal desvantagem apontada pelo autor é a dificuldade de contextualizar o uso e dos usuários interagirem com o produto através de mouse ou de tela de toque.

Myers e Landay (1996) descreve as seguintes atividades que podem ser desenvolvidas com esses protótipos: (1) **design conceitual.** Desenvolvimento de sketches, (u2) **com a possibilidade de validação e ajustes dos objetivos através de testes de usabilidade, visando selecionar o melhor conceito** (2) **design de interação:** configura a estrutura da interface do usuário através de telas, páginas ou atividades nomeadas (u3) **que podem ser ordenadas e organizadas a partir de interações, de forma similar a realizada com blocos Post-it, com intuito de simplificar a tarefa do usuário.** (3) **Design de tela.** (u4) (f1) (e1) **Permite usar uma imagem gráfica para compor um design simplificado do layout da tela e uma estrutura de link entre as telas que permitem realizar testes de usabilidade com usuários.** (4) **teste de tela.** (u5) **Permite desenvolver atividades com usuários utilizando a tela em um contexto real de uso.** Os desenvolvedores explicam o que os usuários devem fazer e grava as ações e comentários dos usuários.

As ferramentas de prototipagem Façade “**Ferramentas Facade**” (Righetti, 2006) (do inglês: Ferramentas de fachada, aparência, externa, ilusão (fonte: Britannica Concise Encyclopedia) ou “**ferramentas informais**” (Cook e Bailey, 2005), permitem a entrada natural de dados dos usuários a partir de sketches ou indicação de gestos. Contudo essas ferramentas podem ou não ser evolucionárias, ou seja, permitir que as interfaces evoluam de forma contínua até o produto final. Dessa forma, algumas delas podem ser utilizadas apenas para obter informações, sendo descartadas ao final do processo o que nos leva dividir esse processo de prototipagem em 2 grupos:



A seguir apresentaremos alguns exemplos das ferramentas “**façade**”, de acordo com as categorias da classificação apresentada anteriormente:

1 | Façade Evolucionário



Entre as ferramentas Façade evolucionárias podemos citar:

SILK

O método de prototipagem SILK (Sketching Interfaces Like Krazy) Foi projetada em 1995 por James Landay e Brad Myers e tem sido desenvolvida e implementada pelos pesquisadores da Universidade da Califórnia, Berkeley and Carnegie Mellon University (CMU) (disponível para *download* em <http://quir.berkeley.edu/projects>). Ela é uma ferramenta que uni muitos dos benefícios das ferramentas tradicionais de prototipagem, como: o desenho informal (sketch), o protótipo de papel e as possibilidades disponibilizadas pelo uso de storyboards, com as vantagens naturais das ferramentas eletrônicas (edição, funcionamento, armazenamento, combinação,...), tais como o computador.

Segundo Dearden, Siddiqi e Naghsh (2003) Esse método de prototipagem, bem como outros como DENIM, QUILL,... surgem a partir de algumas desvantagens previstas na utilização de métodos de prototipagem em papel. Como: (1) dificuldade de modificação. Fazendo muitas vezes com que o designer tenha que redesenhar uma grande quantidade de sketches quando uma modificação é solicitada. (2) Sketches em papel possuem limitado suporte para memória do designer, ou seja, é difícil procurar e encontrar entre muitos sketches uma particular decisão que foi feita no processo. (3) Existe uma limitada qualidade de interações que podem ser simuladas durante um processo de validação de atividades. Na prototipagem em papel o designer (desenvolvedor) precisa realizar a simulação do computador através do deslocamento dos sketches em respostas as ações do usuário, o que ao entender do autor, dificulta a análise quantitativa. Dessa forma, esse método de prototipagem rápida via software ou o desenvolvimento de ferramentas híbridas como SILK, podem ser vistas como tentativas para redução da **viscosidade** de prototipagem, ou seja, resistência a mudanças ou esforço para realizar mudanças (termo definido por Green & Blackwell (1998)).

Segundo Landay e Myers (2001), com SILK designers podem desenhar rapidamente uma interface usando um PAD eletrônico (mouse, *tablet*, *stylus* e LCD). O sistema reconhece os desenhos (retângulo, elipse, linha...) e os componentes da interface à medida que o design os desenha, através de um

algoritmo de reconhecimento de gestos (Rubiner's Algorithm). Depois dialoga com o designer sobre a função de seu desenho na interface e **(u6) transforma os elementos desenhados em uma interface passível de interação e teste, transformando um design preliminar em uma interface implementada**, com saída nos formatos Visual Basic 5 ou um código comum de Lisp (figura(33)). Sendo assim, **(f2) o designer pode usar os próprios sketches como elementos funcionais**. Ex: ao desenhar uma barra de rolamento o SILK reconhece como sendo uma e disponibiliza a barra para que possamos utilizá-la de acordo com a sua função prevista dentro de uma interface.

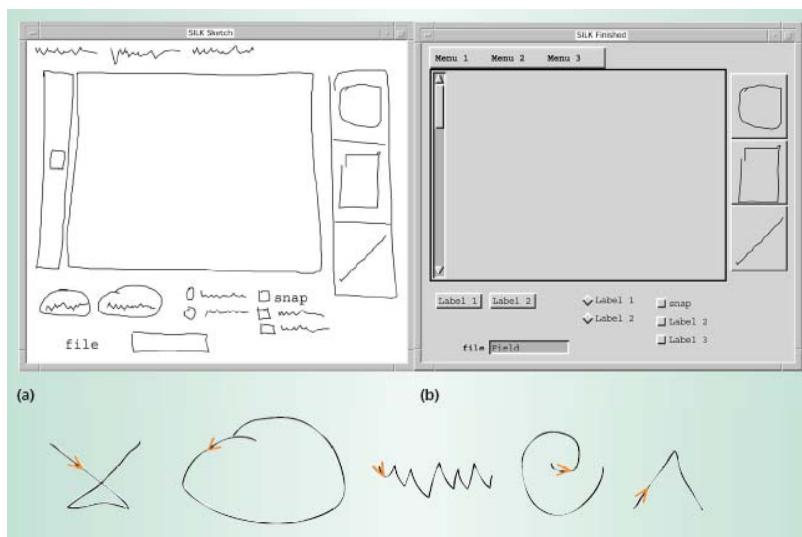


Figura (32) uma interface (b) criada a partir de sketches da interface feitos pelo designer (a). A conversão dos sketches (abaixo) em componentes da interface é feita automaticamente pelo sistema SILK (fonte: Landay e Myers ,2001).

Os autores acrescentam outra função importante do SILK, a criação de Storyboard, ou seja, o sistema permite o arranjo dos sketches de tal forma que possamos apresentar como um elemento da interface irá se comportar. Como por exemplo: **(f3)(u7) mostrar como uma caixa de diálogo aparece na interface no momento em que um determinado botão for ativado pelo usuário**. Isso permite apresentar aos colegas, usuários e clientes como a interface deverá se comportar.

Como o sistema é construído sobre uma base computadorizada, o SILK aproveita os benefícios desse meio para que o designer possa colocar em funcionamento a interface em qualquer estágio de desenvolvimento, e assim realizar avaliações operacionais da interface de forma semelhante as que seriam realizadas em um produto final.

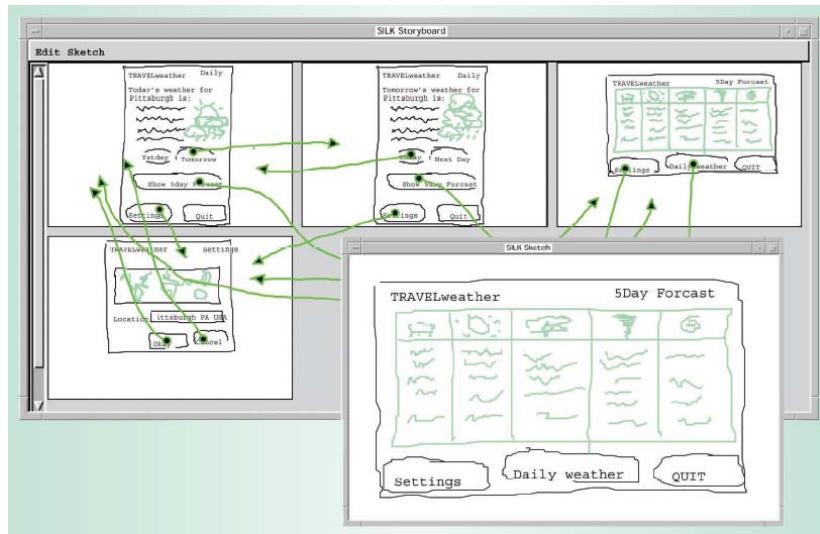


figura (33) um ambiente SILK com sketch (frente) e seqüência de ações ilustrada como Storyboard (por trás) (fonte: Landay e Myers (2001))

Landay e Myers (2001) a partir de um teste de usabilidade com 6 designers de interfaces e 6 estudantes de graduação de ciência da computação, apresentam as seguintes vantagens do uso de SILK no desenvolvimento de interfaces:

(1) Criatividade: os designers consultados apreciam a habilidade de ser rápido e livre, a forma com que ela permanece como esboço, a possibilidade de uso dos recursos de *cut*, *copy* e *paste* para reaproveitar partes da interface e realizar revisões, ou seja, a facilidade de edição que tornam o ambiente eletrônico nesse aspecto superior ao ambiente do papel. Elogiaram também a ferramenta como uma excelente opção para gerar alternativas iniciais, sendo bastante útil para estruturar informações de forma rápida, se aproximando nesse aspecto aos sketches. Outro ponto forte citado pelos usuários do SILK é a idéia de desenvolvimento progressivo do programa sem se deter a detalhes visuais do design.

(2) Storyboarding: Os designers gostam de possuir meios para ilustrar e apresentar uma seqüência. Dessa forma eles acham SILK uma ferramenta que permite um rápido desenvolvimento de sketches e possibilita a criação básica necessária para promover interações. O SILK possibilita promover teste que permitem avaliar e modificar o design e assim realizar os ciclos iterativos, conforme apresentado anteriormente, fundamentais para evolução do design. Alguns designers citaram gostar da habilidade do SILK para visualizar e editar os storyboards criados, comparativamente melhores que as disponíveis em outras ferramentas como Macromedia Director.

Para Lin (1999) O SILK é uma ferramenta de design de interface de usuários que pode ser usada em todas as fases do design de interface. Ela permite aos designers, a partir de uma interface baseada em sketches, rapidamente realizar *brainstorms*, desenvolver e **(f4) interagir com as suas**

idéias de interface. Segundo o autor, através desse método o designer pode reutilizar seus sketches para projetar novos componentes, estabelecer transições condicionais e (u8) realizar sofisticados tipos de interação com usuário.

Segundo Petrie e Schneider (2006) o SILK foi uma das primeiras ferramentas de desenho livre a suportar o *sketching* informal de interface do usuário, e também a promover e suportar a transição para um protótipo de alta fidelidade. Isso é possível através da transição automática de componentes da interface em componentes de trabalho, ou seja, com o SILK podemos desenvolver o protótipo de forma evolutiva até a representação de alta fidelidade da interface.

Para Jones e Marsden (2006) SILK é um sistema que usa o processo de digitalização para permitir que os usuários desenvolvam seus sketches diretamente no computador e associem essas telas desenhadas para compor o protótipo de tela. O autor faz apenas uma observação baseado em sua experiência, quanto mais avançada for a ferramenta, mais esforço será requerido para os designers compreenderem como elas funcionam, o que ao nosso ver tem relação direta com a familiaridade da ferramenta, e que nos leva a fortalecer a nossa premissa que diz: **a ferramenta de prototipagem escolhida modifica o processo de design.**

DENIM

DENIM é um sistema conduzido Dr. James Landay da University of California em Berkeley. Ele foi criado através de uma investigação etnográfica com profissionais da área de WEB design. Ele tinha como objetivo recolher dados sobre a metodologia projetual usada para criação de WEB sites (conforme será descrito a seguir), visando desenvolver uma ferramenta que pudesse contribuir para facilitar e agilizar o seu processo de desenvolvimento em cada uma das fases do design, enfatizando os aspectos referentes ao layout de tela e arquitetura do site.

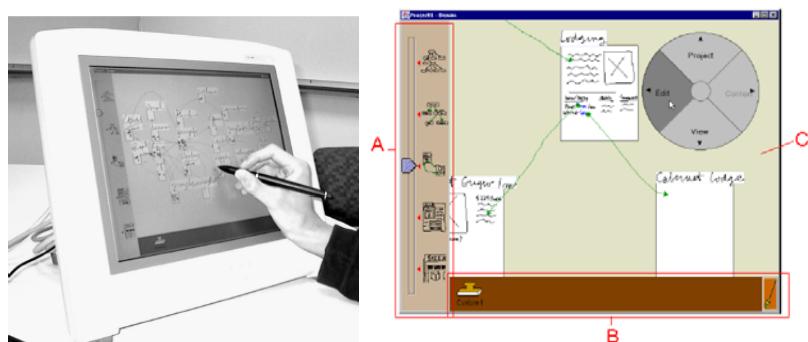


figura (34) O uso do SILK com dispositivo de entrada LCD e figura (35) as 3 regiões principais do SILK (A- níveis de zoom, B- ferramentas de trabalho e C- Área de trabalho: (fonte: Lin et al (2000))

O DENIM (site para download: <http://uir.berkeley.edu/denim>) é construído em cima de programação Java2 baseado no sistema SATIN (site para download: <http://uir.berkeley.edu/satin>) e de forma similar ao SILK, possui um sistema informal de interface que permite a entrada do usuário de forma: verbal, escrita, gestual ou por sketches via PAD eletrônico (mouse, tablet, stylus e LCD). Paralelamente o sistema permite a entrada de áudio e vídeo para capturar de forma sincronizada as informações de voz, gesticulação de corpo, de face e movimentação de olhos dos usuários. Isso possibilita trabalhar idéias e explorar o espaço do design face a face com os demais atores do processo, de forma colaborativa e intuitiva através da mistura de artefatos físicos e virtuais. O sistema permite ainda o desenvolvimento de storyboard para elaboração de seqüências que possibilitam ilustrar a navegação no site, disponibiliza um processo de construção incremental e todas as vantagens previstas por um sistema de representação eletrônico (replicação, distribuição, armazenamento, combinação...).

Segundo Lin et al (2001) a partir de entrevista com WEB designers, foram identificados 6 tipos de documentos que são comumente usados no design de sites da WEB. (1) **mapa do site**: representa um inteiro planejamento do web site (2) **Storyboard**: representa uma seqüência de interação a serem executadas por um usuário (3) **thumbnails** representação inicial das páginas a partir de miniaturas (4) **design preliminar** onde os sketches das interfaces são desenhados a mão (5) **fase esquemática** onde é gerada uma representação de média fidelidade e disponibilizada informações e componentes de navegação. No final (6) gera-se **mockups** de alta fidelidade para a representação exata do conteúdo da página.

Lin et al (2000) observou ainda que os designers geralmente seguem um processo progressivo de refinamento, ou seja, começam com pouco detalhe e progressivamente vão incorporando mais, simultaneamente começam com baixa qualidade e vão aprimorando com o passar do tempo.

Baseado nessas informações anteriores, o DENIM criou 3 níveis de visualização: (1) **site map**: apresenta uma visão geral do site de forma miniaturizada (2) **storyboard**: apresenta ao usuário todas as páginas simultaneamente e incluindo a sua navegação e (3) **sketch**: apresenta a página inteira (escala 100%) para que o usuário possa desenhar nela.

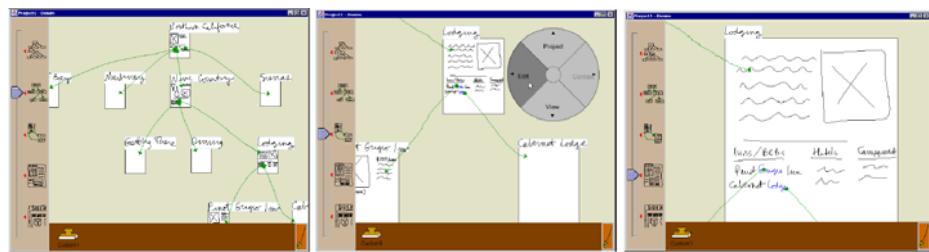


figura (37) um ambiente SILK com os 3 níveis de visualização: site map, storyboard e Sketch respectivamente (fonte: Lin et al , 2001)

Através do DENIM é possível desenhar as páginas através do mesmo conceito de sketches, estabelecer *links*¹⁴ **navegacionais** (baseados no senso de navegação HTML), **links organizacionais** (representa apenas o *link* conceitual) entre as páginas e por fim entrar em um modo de teste (*run mode*) onde é possível realizar avaliações através de um processo interativo com o site projetado.

Segundo Anggreeni (2006) (f5) (u9) **no modo de teste (*run mode*) é apresentado um “browser” simplificado que permite aos designers promover ações reais em um Web browser, como obter experiência através de interações e ganhar feedbacks sem ter criado um completo e maduro protótipo.** Segundo a autora, DENIM permite exportar o design criado para o formato HTML e assim criar ao final do processo, páginas HTML para cada página individual. Com o DENIM podemos ainda gerar páginas contendo imagens GIF e mapas de imagem e navegar entre as páginas, o que permite desenvolver uma interface através de um processo experimental e evolucionário.

Lin et al (2001) realizou uma avaliação do uso de DENIM com 7 designers profissionais. Através de observação e entrevista foi possível estabelecer as seguintes relações. (1) Observacional: os usuários navegam constantemente entre os 3 níveis de visualização (site map, storyboard e sketches), apreciam o modo informal de interação através de uma forma livre com sketches. (2) feedback: o DENIM permite estabelecer uma eficiente comunicação com os demais atores envolvidos no processo, permite expressar as idéias do design e (u10) (f6) **interagir rapidamente com as versões (funcionais) de design. Para o autor é possível realizar avaliações formais inclusive teste em campo,** porém os designers consultados acreditam que ele não é tão eficiente para comunicar as idéias aos clientes.

Landay (2000) afirma que através do DENIM é possível coletar os seguintes dados: (1) durante o experimento. **(u11) Detectar incidentes críticos, obter comentários e reações, além das ações realizadas em cada nível de zoom** (site map, storyboard e sketches). (2) após o experimento: **questionários e entrevistas sobre as reações de comunicação,**

¹⁴ Elemento usado em hipertextos para servir de acesso para outra sessão no mesmo documento.

expressividade, adequação a sua atividade prática, além do *background* e experiência obtida com uso dos protótipos.

Embora existam outras ferramentas mais populares para criar web sites Como: Macromedia Dreamweaver, Microsoft FrontPage, Adobe GoLive, NetObjects Fusion,... Segundo Lin et al (2000) essas ferramentas são mais focadas no desenvolvimento de layout de páginas e na produção de representações de alta fidelidade do que na arquitetura do site e no processo de desenvolvimento adequado as fases iniciais do processo de design.

HYPERCARD

O Hypercard é um programa criado em 1987 por Bill Atkinson e sua equipe para rodar no ambiente dos computadores Apple. Para Moggridge (2006) foi uma das ferramentas de prototipagem mais importantes dos anos 80. O Autor apresenta uma entrevista de Bill Atkinson onde ele revela que elaborou o Hypercard para ser uma ferramenta habilitada a testar diferentes idéias e interagir rapidamente em diferentes situações: prototipando ambientes, preparando sistemas em linguagem de alto nível ou sistemas orientados a objetos. Permitindo assim, que os designers possam estruturar sistemas robustos para realização de testes com pessoas em condições de uso em apenas uma tarde.

Segundo Schrage *apud* Anggreeni (2006) HyperCard emprega um processo de metamorfose de cartões sobrepostos e a programação seqüencial de diferentes cartões. Os cartões armazenam dados e usam uma engenharia de layout conceitualmente semelhante à maioria dos aplicativos de desenvolvimento de ambientes, como: Delphi e Visual Basic. O Hypercard é parecido com outras ferramentas tradicionais de construção de interface do usuário e podem ter as opções de design estendidas através da linguagem de programação *scripting* chamada Hypertalk. Em alguns casos o Hypercard é descartado após o teste. Segundo o autor, isso normalmente ocorre quando o aplicativo que está sendo criado requer uma grande complexidade computacional, portabilidade para outros ambientes ou uma performance mais eficiente.

Righetti (2006) complementa dizendo que a função principal do Hypercard é construir aplicativos hipertextuais a partir dos cartões sobrepostos em um caminho bem inicial, o que faz com que todos os membros do time de design possam se envolver no design da tela, na definição do seu comportamento e depois possam navegar através da interface UI criada. Segundo o autor o Hypercard possui 3 possibilidades de utilização: (1) Uso final, uma simples apresentação multimídia ou o desenvolvimento de aplicativos. Sendo adaptado para construção de interfaces WIMP (janelas, ícones, menus e indicadores de mouse).

Galitz (2002) afirma que usando ferramentas de prototipagem com Hypercard, Supercard e Toolbook, podemos construir e visualizar exemplos de telas e diálogos finais além de outros aspectos importantes de um sistema. Para o autor as ferramentas Façade fazem a passagem de um protótipo do nível de média fidelidade para um alto nível de fidelidade.

Bill Atkinson *apud* Moggridge (2006) apresenta um exemplo de uso do Hypercard para testar e avaliar alternativas de design para o mouse Microsoft, a partir da precisão e velocidade com que os usuários experientes e leigos desenvolviam as tarefas mais comuns realizadas com o mouse, que são mover e clicar. (u12)(f7) **Para isso foi estruturado no Hypercard um sistema que permitisse realizar esses testes. Através desses testes de fatores humanos foi possível avaliar rapidamente uma grande quantidade de conceitos de design.** Para Bill a combinação de teste e prototipagem rápida é a chave do sucesso dos projetos.

2 | Facade Não-Evolucionário



Entre as ferramentas Façade não evolucionárias podemos citar:

POWERPOINT

Como é de conhecimento de todos, o Powerpoint é uma ferramenta da Microsoft para criação de apresentações. Essa difusão do Powerpoint entre os usuários da plataforma Microsoft Windows, facilita a criação de apresentações que possam ser realizada em qualquer lugar. Através do Powerpoint podemos prototipar os aspectos visuais e navegacionais de uma interface, criando um ambiente onde podemos simular preliminarmente o processo interativo com usuários e ainda recolher opiniões estéticas.

Segundo Righetti (2006) (e2) (f8) **Protótipos desenvolvidos com Powerpoint são utilizado para finalidade de apresentação a partir de slides e para criar sequencias de slides que podem funcionar como páginas da web, podendo ser ativadas com um click de um botão.** Para o Autor uma das principais vantagens do Powerpoint é a simplicidade de utilização, fazendo com que todos possam prototipar. Para ele isso explica a razão pela qual o Powerpoint seja uma ferramenta tão utilizada. Porém não podemos esquecer que o Powerpoint conta com uma grande facilidade de distribuição e marketing pelo fato de ser desenvolvido pela Microsoft, líder do mercado de softwares, e também pelo fato dele ter sido incorporado ao pacote de softwares Officer, juntamente com editor de texto Word (o editor de texto mais utilizado no mundo).

Tim Moot, Criador de uma das melhores ferramentas para produção de projetos multimídia, Macromedia Director, que pode ser enquadrado na categoria de **ferramentas de prototipagem rápida evolucionária**, afirma que as companhias tem trabalhado com produtos não específicos como Powerpoint, limitados em funcionalidade e usabilidade. Para ele não devemos esperar encontrar um designer profissional de multimídia usando essa ferramenta, por causa de suas limitações (Moggridge, 2006).

Porém, é inegável que o Powerpoint divide com Flash e Acrobat a posição de ferramenta de apresentação mais utilizada. Ela vem sendo adaptada para suportar não apenas uma apresentação visual, que permite uma análise estética, mas também a criação de *links* para simulação de navegação através de uma interface de fácil aprendizado. Porém, seus recursos realmente são limitados no que se refere a (1) entrada de dados informais por usuários, (2) criação de interfaces funcionais (3) testes de usabilidade com usuários (4) e por ainda não suportar o processo evolutivo contínuo até o produto final.

Contudo, é possível utilizar esse ambiente com criatividade para auxiliar o processo de design. Gill (2005) afirma que utiliza o Powerpoint para transferir as informações de especificação de interfaces geradas com auxílio de *Post-it* numerados para cada um de seus slide, e com auxílio da linguagem visual basic (VBA), embutida no Powerpoint, **(f9) cria hiperlinks que permitem estabelecer ligações com cada um dos estágios da interface, criando um simulador básico em PC para desenvolvimento de GUI controlado via Keyboard**.

SUEDE

Para Chen, (2000) Esse sistema foi desenvolvido para ter as mesmas características apreciadas em protótipos de baixa fidelidade, como protótipos de papel, ou seja, ser uma ferramenta de baixo custo que pudesse obter rapidamente e facilmente os dados desejados. O SUEDE trabalha focado no estudo da comunicação verbal da interface, ou seja, os elementos computacionais necessários para as performances de algumas operações de acordo com o agir humano em interações com os computadores.

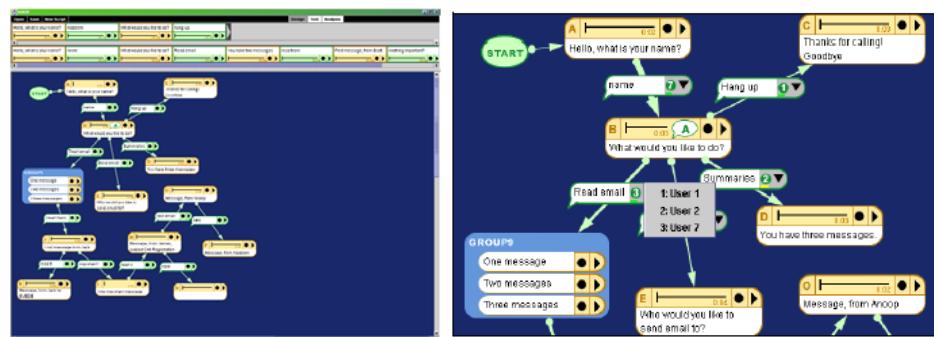


figura (37) área de trabalho do SUEDE com sub-área de: exemplos de scripts (área superior) e design falas da Interface do usuário (área inferior) (fonte: Klemmer et al ,2000) e Figura (38) modo de análise da interface SUEDE apresentando os resultados dos testes e respostas e áudio em um caminho particular (Sinha et al, 2001).

Segundo Klemmer (2000) Interfaces dos usuários baseadas em sistemas de voz estão em crescimento de popularidade, mas as tecnologias requeridas para construção dessas interfaces impedem que os indivíduos empreguem voz no processo de desenvolvimento de interfaces. Além disso, o tempo e o custo do conhecimento necessário para a construção, mesmo de sistemas simples, dificultam designers projetarem interativamente essas interfaces. O SUEDE foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade de Berkeley (<http://uir.berkeley.edu/projects/suede/>) com intuito de permitir que designers possam criar rapidamente perguntas e respostas dentro de suas interfaces de voz. Isso permite que técnicas de desenvolvimento de interfaces, como Wizard of OZ, que realizam captura e avaliação de dados dos usuários em um processo interativo simulado, possam ser construídos facilmente.

O Autor acrescenta que o SUEDE foi inspirado nas ferramentas informais de prototipagem como Cenário, Sketches e Storyboards, e sistemas de entrada natural de dados como sketches e voz, o que permite explorar idéias de design através de exemplos ainda nos estágios iniciais do projeto. SUEDE então pode ser definido como, uma ferramenta informal de desenvolvimento de interfaces de voz, que permite designers experientes ou não, rapidamente criar, testar e analisar os protótipos gerados.

O SUEDE foi um sistema construído a partir de uma entrevista com 6 designers de interfaces de voz de grupos como: SRI e Sun Microsystems, e Organizações de desenvolvimento como: Nuance Communication e Sun Microsystems. Ele foi organizado em torno de 3 importantes fases de projeto: **(1) Design, (2) teste e (3) avaliação.**

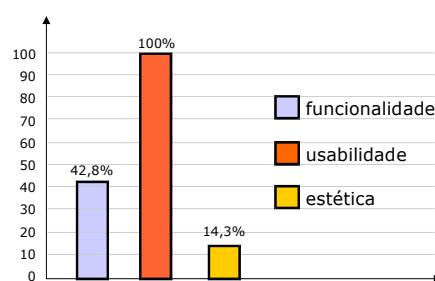
Segundo Sinha (2001) na fase **(1) Design**, os desenvolvedores iniciam o projeto criando exemplos de conversação que servirão de base para o desenvolvimento da interface. Na parte horizontal superior da área de trabalho,

chamada de área de *scripts* (documento original), serão armazenados esses primeiros dados. (e3) **Esses serão utilizados agora na construção da parte gráfica da interface.** Na fase (2) teste, (u13) os designers aplicam o design com os usuários finais em uma metodologia que segue a técnica tradicional Wizard Of Oz, porém, (f10) quando se inicia a sessão o SUEDE apresenta o áudio previamente gravado, a partir dos *prompts* anteriormente criados e **captura as respostas a partir dos usuários.** Na fase (3) avaliação, os designers analisam os dados coletados, a partir dos dados de transcrições dos usuários, posicionados na parte superior da tela e decidem como eles deverão influenciar as próximas interações. Entre os dados coletados estão: o número de participantes, o caminho que o indivíduo seguiu, as respostas que foram feitas a cada etapa e quanto tempo eles gastaram para responder a cada *prompt*. O designer então pode revisar todas as sessões e aplicar os dados recolhidos na reconstrução do design para uma próxima rodada interativa.

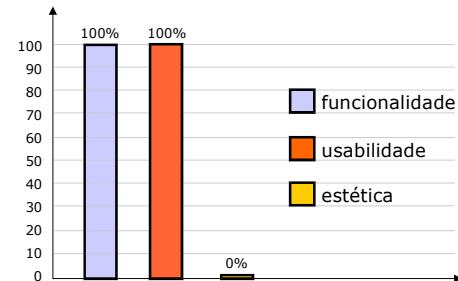
Para o futuro, os autores esperam implementar o SUEDE para que ele possa converter automaticamente esses dados coletados em um sistema completo, ou seja, evolucionário, citando SILK como exemplo. Dessa forma, em breve ele poderá migrar para o grupo dos evolucionários compostos por SILK, Denim, Hypercard,....

Níveis de comunicação

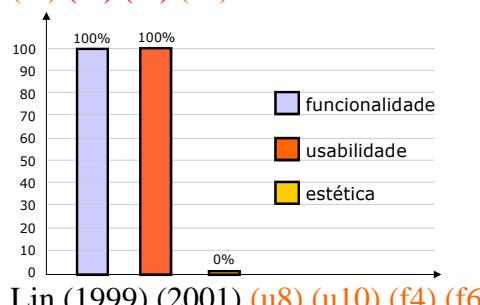
A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)) :



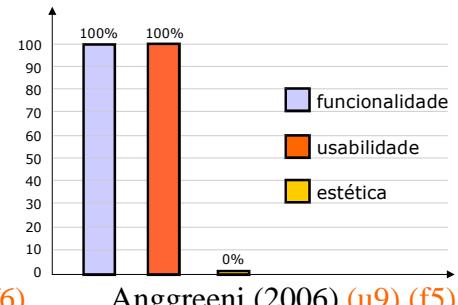
Myers e Landay (1996) (2000) (2001)
 (u2) (u3) (u4) (u5) (u6) (u7) (u11)
 (f1) (f2) (f3) (e1)



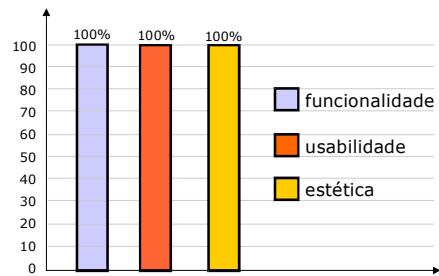
Gill (2005) (u1) (f9)



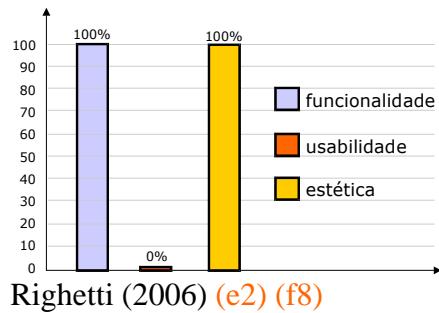
Lin (1999) (2001) (u8) (u10) (f4) (f6)



Anggreeni (2006) (u9) (f5)

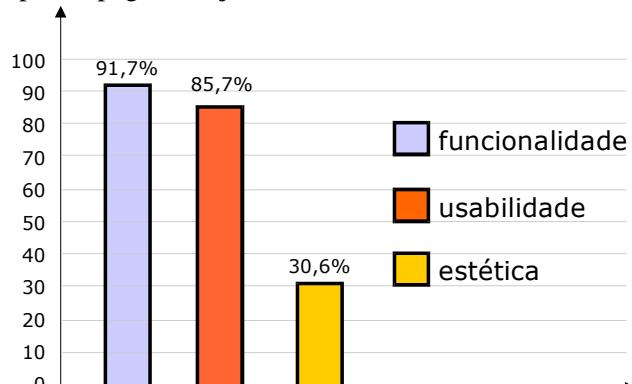


Sinha (2001) (e3) (u13) (f10)

Bill Atkinson *apud*
Moggridge (2006) (u12)(f7)

Righetti (2006) (e2) (f8)

Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pela prototipagem **Façade**:

Gráfico (7) níveis de comunicação dos **Façades**

8 Wizard of OZ (WOZ)

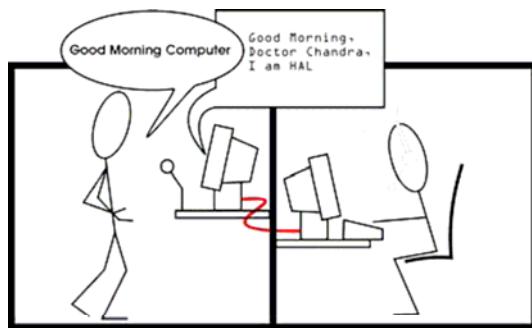


Figura (39) ilustração da aplicação do método wizard of OZ (fonte: Gill, 2005)

Definição

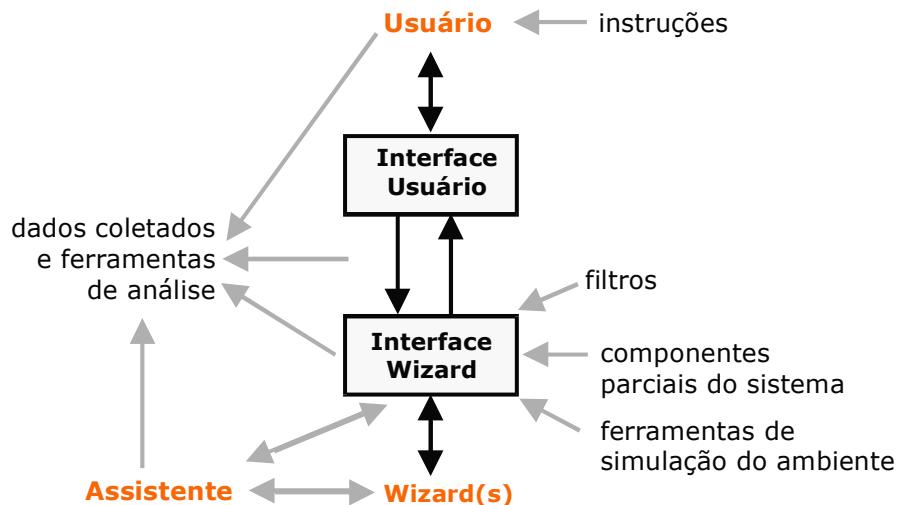
Esse método é utilizado para testar um sistema que ainda não existe, dessa forma o sistema pode ser avaliado antes da realização de sua implementação final. Sistemas que possuem interfaces com ou sem utilização de inteligência artificial, sistemas de linguagem natural, interfaces, softwares... tem tirado proveito desse método de prototipagem.

Segundo Hoysniemi e Read (2005) O conceito Wizard of OZ foi introduzido por Gould, Conti e Hovanyecz (1983) ganhou o nome “wizard of OZ” que usamos hoje em dia através do estudo de Kelley (www.musicman.net/oz.html).

O sistema de wizard of OZ é composto de uma interface do usuário controlada por uma outra interface do assistente mágico (*wizard*), onde se encontra instalado parte do sistema e do ambiente que está sendo avaliado. O Usuário escolhido deve representar um usuário final. Esse deverá receber as devidas instruções preliminares e é orientado a realizar operações no sistema fictício (porém o usuário deve acreditar que se trata de um sistema real). Esse sistema então deverá reproduzir por simulação as reações esperadas a cada ação realizada por esse usuário. Para isso são utilizados componentes parciais do sistema (módulos do sistema preparados antecipadamente) e ferramentas de simulação do ambiente (Textos ou frases gravadas antecipadamente e acionados manualmente ou automaticamente, para reduzir os diálogos do assistente *wizard* com usuário como simulação de ações do sistema). O assistente (*wizard*) pode se comunicar com usuário, com uso de recursos de áudio como um telefone, por exemplo, para ajudar o usuário e obter dados verbais de dificuldades e dos níveis de compreensão das tarefas que estão sendo realizadas por ele. Filtros, como *vocoders*¹⁵, sintetizadores de voz, dicionários de dados digitados,... podem facilitar a simulação de um sistema autônomo. Os dados desse processo interativo são coletados através gravadores

¹⁵ É derivado de Voice Encoder, e permite a análise e sintetização de voz. Era utilizado nos anos 30 nas telecomunicações para codificar a voz para transmissão.

de dados, de vídeo e áudio e posteriormente analisados através de ferramentas específicas. Dessa forma é possível avaliar diversos dados quantitativos e qualitativos desse processo interativo simulado como: quantidade de erros, inconsistências, semântica, necessidade de atalhos, novas funções.... A ilustração desse esquema pode ser observada na figura (15):



Quadro (15) configuração geral da simulação Wizard of OZ (fonte: Bernsen, 1994)

Hoysniemi e Read (2005) apresentam em seu estudo uma taxonomia baseada em diversas configurações de Wizard of OZ, através de uma pesquisa em várias literaturas sobre o tema, as quais resumiremos a seguir:

- (1) **funcionalidade da tecnologia:** (f1) **Alguns estudos usam um protótipo totalmente funcional**, outros usam protótipos *low-tech* (baixa-tecnologia) ou *non-tech* (sem tecnologia).
- (2) **Descrição do Wizard:** em alguns estudos o *wizard* pode fazer o que ele quiser, em vários outros ele é obrigado a fazer apenas o que foi programado, com respostas pré-programadas.
- (3) **Wizard control :** Em alguns estudos o *wizard* pode ser o único controlador das funções do sistema em (f2) **outros ele pode ser o controlador de apenas algumas das funções dos sistemas fazendo com que outras possam ser controladas automaticamente.**
- (4) **Visibilidade do wizard:** Esse ponto é bastante divergente. Uma visão diz que ele não pode ser visto, outra diz que ele pode ser visto, mas não conhecido como sendo o *wizard* do sistema, outra ainda diz que ele pode ter sua função totalmente esclarecida ao usuário.
- (5) **Conhecimento do usuário:** A indução dos usuários varia de acordo com cada experimento proporcionalmente ao fato de acreditar que tudo estava sendo feito realmente pelo sistema ou que estava sendo manipulado por um *wizard*, sendo o mais comum trabalhar entre esses dois extremos.

(6) **Design experimental:** Os experimentos variam de totalmente controlado para experimentos com exploração livre.

(7) **Número de Wizards:** Em muitos estudos são muitos *wizards* conduzindo o experimento, em outros são trocados durante o experimento, mas o mais comum é apenas um *wizard* conduzindo todo o experimento.

(8) **Formação dos usuários:** Em alguns estudos são especialistas que compreendem o processo em outros são pessoas como crianças que possuem pouco ou nenhum conhecimento sobre o processo.

(9) **Formação do Wizard:** Os *wizards* normalmente dominam o processo e podem ser desenvolvedores de sistemas ou designers.

Cada WOZ é custoso para preparar, realizar e analisar. Por isso esse tipo de prototipagem deve ser antecedido de estudos em literatura e uma devida estruturação dos dados que pretende analisar e a melhor forma de realizar: como começar, como interagir e quando parar,... É recomendado também que antes de rodar o WOZ com os usuários finais, esse deve ser avaliado informalmente com colegas de trabalho para validar a sua funcionalidade.

Outros autores também definem de forma semelhante o funcionamento do WOZ. Para Rogers, Sharp e Preece (2002) esse é um protótipo de baixa fidelidade utilizado para desenvolvimento de software. (u1) **Nessa técnica os usuários sentam em uma tela de computador e interagem com um software como se estivessem interagindo com o produto final**, porém o computador seria conectado a outro computador que teria um operador como encargo simular as ações do sistema a partir das ações do usuário. O método funciona da seguinte forma: Um usuário interage com um sistema em uma sala e em outra um desenvolvedor acompanha os procedimentos realizados por esse usuário e realiza manualmente as funções que seriam executadas pelo sistema.

Para Maulsby, Greenberger e Mander (1993) Esse é um dos caminhos mais utilizados para simulação sofisticada. Para Gill essa técnica é bastante útil para “debug”¹⁶ uma idéia, ou seja, eliminar os defeitos ou problemas comuns e (u2) **facilitar capturar o verdadeiro comportamento do usuário diante de um sistema proposto**, através da identificação de sutilezas do usuário e do contexto que são importantíssimas para o desenvolvimento de uma boa interface.

Através desse método podemos obter dos usuários informações sobre dificuldades e expectativas dos usuários através da interação com as funções do sistema prototipado preliminarmente através desse método, durante e após as

¹⁶ Vem do termo debugging que é uma metodologia para procurar reduzir o número de erros em um programa de computador ou equipamento eletrônico

sessões através de entrevistas, questionários,... Dessa forma o método WOZ tem como benefício principal a possibilidade de avaliar novos conceitos de interfaces dos usuários antes da tecnologia ser totalmente desenvolvida, permitindo estudar o comportamento humano e interações entre humanos e interfaces através da avaliação de diversos padrões, adquirindo dados quantitativos e qualitativos a partir de preferências e padrões dos usuários.

Para Hoysniemi e Read (2005) (u3) **usar esse método nas fases iniciais de design pode trazer significante economia de recursos e de tempo, desde que os ciclos iterativos sejam curtos e alternativas de solução possam ser testadas com usuários simultaneamente.** A improvisação controlada pode trazer soluções e requerimentos de design que foram testadas com usuários reais antes da tecnologia ou projeto ser totalmente desenvolvido.

Utilização no processo de design

O WOZ não é igualmente adaptado a todas as fases do processo de design. Dessa forma segundo Bernsen, Dybkjaer e Dybkjaer (1994) devemos saber que caso é indicado ou não o uso de WOZ. (1) não devemos usar WOZ em sistemas interativos onde o comportamento do sistema irá simular o mesmo comportamento que humanos já fazem uma boa performance, porque depois que o usuário ganhar habilidade não fará mais sentido realizar o WOZ. (2) Em sistemas interativos que são difíceis de serem construídos, e onde o foco do sistema de design se concentra em partes reduzidas e aplicações bem definidas, que se distancie das demandas cognitivas das tarefas que seriam o maior aspecto a ser avaliado no WOZ. (3) WOZ não é um modo rápido de prototipagem, o que exige uma demanda de recursos, ou seja, a reconstrução do sistema envolve custo e tempo, dessa forma, tarefas que não possuem demandas cognitivas podem ser prototipadas mais eficientemente em custo-benefício através de outras técnicas de prototipagem ao invés de WOZ. (4) (u4) **interações exigentes cognitivamente podem contar com um natural e espontâneo comportamento de entrada de usuários através de gestos, expressões e discurso escrito.** A tecnologia irá normalmente forçar restrições nas capacidades do sistema de compreender entradas espontâneas dos usuários. No desenvolvimento de alguns artefatos realísticos o sistema deverá ter mecanismos que possam assegurar quais as entradas dos usuários que realmente seriam reconhecidas pelo sistema e não apenas limitar entradas não naturais ou sem lógica realizada por eles. (u5) **Nesse sentido WOZ oferece mecanismos que facilitam identificar essas entradas não naturais ou sem lógica dos usuários o que pode ser fundamental para o desenvolvimento de um sistema.**

A técnica de Wizard of Oz pode ser combinada com outras técnicas de prototipagem, como os Sketches, para promover uma maior participação dos usuários e uma maior obtenção de informações a partir de sua experiência, que favorecerá a geração e avaliação de idéias de design.

Hartmann et al (2006) apresenta a técnica A-sketch, que combina 2 tipos de prototipagem, sketch e Wizard of Oz. Ela consiste em 5 etapas de procedimentos que descreveremos a seguir:

- (1) **Sketch.** Designers desenvolvem os desenhos baseados no roteiro que será avaliado em grande escala em um quadro fixado na parede.
- (2) **Snap.** Os designers digitalizam o desenho com câmera digital e através de softwares eliminam qualquer distorção gerada pela captura em perspectiva.
- (3) **Select.** Os designers utilizando programas de tratamento de imagem como Photoshop, recortam e separam em camadas independentes devidamente nomeadas as partes importantes do desenho que serão manipulados (ex: pega, tampa, corpo, suporte,...). Essas camadas são exportadas de forma independente com o formato JSX.
- (4) **Link.** As imagens presentes nas camadas independentes podem ser associadas a um painel de controle (virtual) onde estão presentes funções e botões como: rotacionar, escalonar, visualizar,... Essas poderão ser manipuladas no momento da interação do usuário por um controlador humano através de um hardware externo.
- (5) **Play.** O último passo é projetar esse sketch digital em grande formato. A animação deve ser controlada pelo hardware externo de acordo com as operações dos usuários. (nesse caso específico foi utilizado Macromedia flash usando JSFL (javascript extension classes for Flash)).

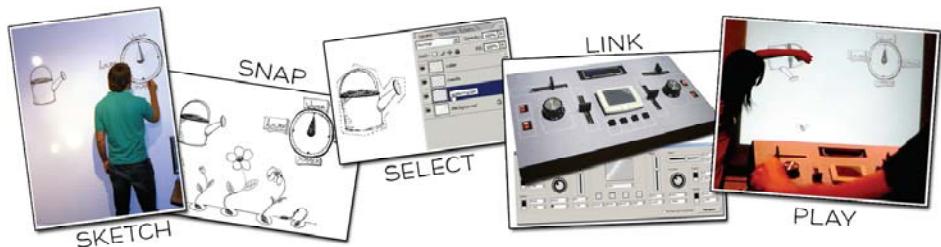
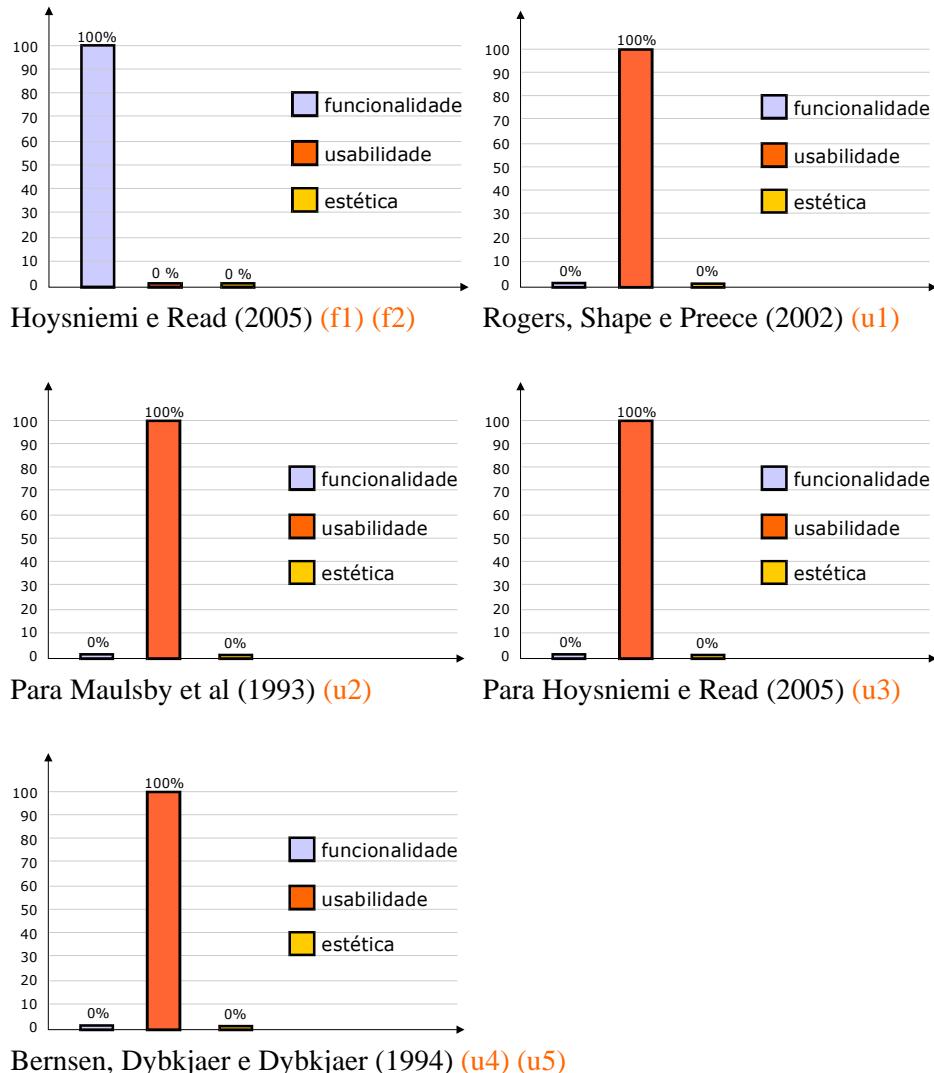


Figura (40) técnica A-Sketch uma simulação através da combinação de Sketch e Wizard of OZ (fonte: Hartmann et al, 2006)

Devemos utilizar as tecnologias mais adequadas a cada contexto, **o mais importante é compreender, a partir desse exemplo, que técnicas e tecnologias, quando corretamente combinadas, podem configurar sistemas que permitem obter informações importantes a partir de performance físicas e verbais dos usuários.**

Níveis de Comunicação

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(**u**), funcionalidade(**f**) e estética(**e**)):



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **Wizard of Oz**:

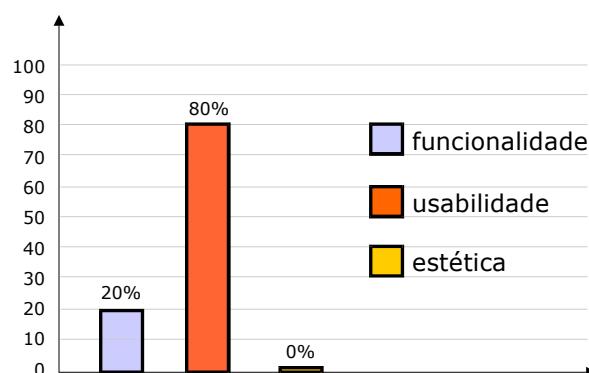
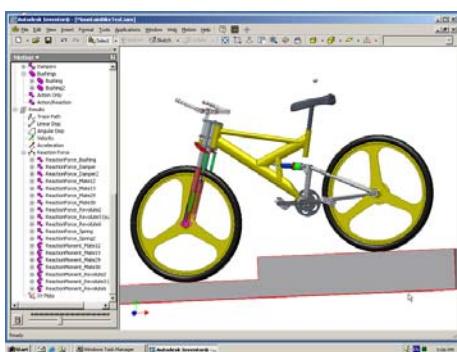


Gráfico (8) níveis de comunicação dos **Wizard of Oz**

9 Protótipo virtual



Definição

Podemos definir protótipo virtual, como sendo toda modelagem imaterial ou simulação, feitas em meio digital computadorizado, de um produto ou sistema. O objetivo do protótipo virtual é poder desenvolver explorar, avaliar e apresentar características semelhantes ao de um produto físico antes mesmo dele ser desenvolvido.

Alguns autores se referem aos protótipos virtuais como sendo um **digital mockup (DMU)** como (Wupper, 2000)(Dai et al, 1996) (Antonino e Zachmann, 1998). Porém, como a maioria da bibliografia consultada se refere ao termo como um **virtual prototype (VP)** (Forti, 2005)(Bennett, 1997)(Tseng, Jiao e Su, 1998)... Seguindo a lógica que protótipos permitem realizar todos os níveis de avaliação: funcionalidade, usabilidade e estética em alto nível de fidelidade de forma semelhante aos protótipos virtuais com auxílio da realidade virtual. Seria incoerente usar o termo digital mockup, pois os mockups físicos por definição não são habilitados a realizar avaliações funcionais.

Para Wang (2002) (e1) (f1) **protótipo virtual é uma simulação computadorizada de um produto físico que pode ser apresentada, analisada e testada sobre o aspecto do ciclo de vida dos produtos, como design e engenharia, fabricação, serviço e reciclagem, como em um produto físico real.** Essa construção e teste de um protótipo virtual é chamada prototipagem virtual (VP).

A prototipagem virtual é uma ferramenta de auxílio à diversas profissões, das quais podemos destacar o design, a engenharia de produção, a engenharia mecânica, a arquitetura, as artes plásticas, ... Algumas siglas podem ilustrar essa relação como: CAD (computer aided design) CAM (computer aided mechanical), CAE (computer aided Engineering). Através delas os designers, arquitetos, artistas e engenheiros podem modelar as suas idéias em 3D, avaliar o design, simular fenômenos físicos reais (Forças, tensões, transferência de calor, escoamento de fluidos, dinâmicas, montagens... e enviar informação para softwares de CAM (através de arquivos de dados STL, VRLM, IGES..) que poderão transformar o protótipo virtual em um modelo físico, mockup ou protótipo de alta-fidelidade (*rapid prototyping*), peças de fabricação (*rapid tooling*) ou em um produto final (*rapid manufacturing*) através de máquinas de controle numérico (CNC- computer numeric control ou controle numérico por computador).

Para Daí et Al (2005) (e2) (f2) **Prototipagem virtual é o processo de desenvolvimento de produtos através do estudo das reproduções formais e funcionais do produto no computador.** Através dessa tecnologia os atores envolvidos no projeto podem realizar avaliações e aperfeiçoar características estéticas e funcionais do produto.

MedLand (1995) Tem uma opinião semelhante, para o autor a função da prototipagem virtual é promover uma representação que não seria apenas para *styling* ou visualização, mas para propósitos de análise, avaliação, fabricação e testes. (e3) (f3) **Dessa forma esses modelos não seriam apenas para fornecer informações visuais e de montagem, mais também podem ser usadas para avaliações funcionais.**

Alguns softwares se destacam para essa finalidade de desenvolvimento dos protótipos virtuais, que podemos dividir em 2 grupos: (1) **prototipagem virtual não paramétrica**, produzida por softwares de modelagem livre como: 3ds max, Maya, Lightwave, Rhinoceros, FreeForm... (2) **prototipagem virtual paramétrica** produzida por softwares como: Autodesk Inventor e Alias tools, Pro/Engineer, Solid Edge, SolidWorks, CATIA, IDEAS ...

Sobre as questões comparativas entre modelos reais físicos e modelos virtuais: Enquanto alguns autores como Chua et al (1999) afirmam que através dos protótipos virtuais podemos extrair informações similares ao extraídos com um produto físico, questões referentes à usabilidade, mesmo com auxílio da realidade virtual, ainda só podem ser exploradas de forma bem superficial em relação às possibilidades interativas existentes com um produto físico.

Segundo Forti (2005), o grande problema dos protótipos virtuais em relação aos mockups e protótipos reais é a impossibilidade de interagir diretamente com eles, ou seja, tocá-los fisicamente. Consequentemente tem-se uma dificuldade de se analisar suas proporções físicas reais em relação aos usuários e aspectos relativos à ergonomia através de fatores antropométricos.

Porém as novas tecnologias de realidade virtual estão possibilitando os usuários realizarem algumas ações interativas com os protótipos virtuais, fazendo com que esse possa ser **imersivo**, porque permite transportar o usuário para dentro do sistema e **intuitivo**, por propor ações aproximadas aos modelos já conhecidos pelos usuários.

A prototipagem virtual auxiliada por recursos de realidade virtual (RV) estão permitindo os designers interagirem de forma natural diretamente como o modelo computadorizado, semelhante à realizada por um oleiro ao manipular o barro no torno. Isso é possível graças a essas novas tecnologias de realidade

virtual que utilizam diversas interfaces e dispositivos de entrada e saída como: óculos (Shutter Glasses), capacetes (Head-mounted displays), cockpits, luvas e outros dispositivos especiais. Essas interfaces permitem modelar, interagir, explorar, avaliar e modificar o produto virtualmente antes do desenvolvimento de um protótipo físico de alta fidelidade.

Dessa forma podemos entender que existem duas possibilidades de desenvolvimento, exploração e avaliação do protótipo virtual aos quais classificaremos de:

9.1 protótipo virtual apreciativo. Permite designers e usuários desenvolverem protótipos virtuais que podem ter a sua **funcionalidade** explorada e avaliada através de testes e simulações e permitem também avaliar a sua **estética** através de apresentações visuais estáticas e dinâmicas bem aproximadas da realidade.

9.2 Protótipo virtual imersivo. Além das possibilidades previstas para o modo **apreciativo** (em relação à **funcionalidade** e a **estética**), com o protótipo imersivo, designers e usuários podem interagir com modelo virtual de forma natural-simulada através de recursos de realidade virtual. Esses recursos permitem realizarmos algumas avaliações preliminares de **usabilidade** que não estão previstas para o **protótipo virtual apreciativo**.



Figuras (41) e (42) exemplos de interação de protótipos virtuais com o auxílio de um sistema de realidade virtual da Fraunhofer IAO (fonte: Bullinger, Breining e Bauer, 1999)

Utilização no processo de design

Estudos sobre o uso de prototipagem rápida afirmam que ela permite reduzir custos e o tempo gasto entre os ciclos de design e avaliação dentro do processo de design. Dulieu-Barton e Fulton (2000) afirmam que os custos do processo de prototipagem com uso de prototipagem rápida no lugar da prototipagem tradicional reduziram de 40 a 70 % em relação ao processo tradicional, principalmente em projetos que possuam geometrias complexas. A habilidade efetiva de avaliar produtos usando a prototipagem virtual é outro ponto que favorece a sua utilização, pela diminuição de tempo e custo (Dutson e Wood (2005)).

Contudo, toda tecnologia possui os seus pros e os contras. Citaremos agora outras vantagens e algumas desvantagens previstas com o uso da prototipagem virtual no processo de design:

Vantagens:

- (1) **Possibilidade de alteração.** Pode ser modificado em um processo de iteração contínua até a definição do produto final, principalmente se for desenvolvido com ferramentas adequadas de prototipagem virtual paramétrica.
- (2) **Possibilidade de desenvolvimento de geometrias mais complexas.** Permite a visualização e construção de superfícies complexas geradas e controladas matematicamente como NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline). Que facilitam a criação de formas orgânicas e complexas no desenvolvimento de produtos.
- (3) **Possibilidade de comunicação com a prototipagem física.** Praticamente todas as ferramentas de prototipagem virtual oferecem ferramentas de exportação de formatos STL, que é o formato padrão para transferência de arquivos para criação de modelos físicos em máquinas de controle numérico, já incluídos em seu pacote básico ou que podem ser adquiridos ou habilitados separadamente.
- (4) **Possibilidade de personalização e produção em pequena escala.** Por se tratar de elementos virtuais, muitas vezes paramétricos, que pode se comunicar rapidamente com a produção através de sistemas de controle numérico, existe a possibilidade de adaptação dos produtos às necessidades específicas de cada usuário e produção em pequena escala.
- (5) **Possibilidade de geração de documentação técnica.** Os softwares da linha CAD permitem gerar manualmente (softwares CAD convencionais como AutoCAD) ou automaticamente (Softwares CAD paramétricos de prototipagem como: Inventor, Solidworks, CATIA...) as vistas ortogonais, detalhes, planificações, perspectivas dos produtos desenvolvidos. Esses podem ser organizados em pranchas também de forma manual ou automática, com: cotas, legendas, quadros de especificações,... de acordo com as normas técnicas locais, que no Caso do Brasil será a ABNT (que utiliza a norma européia de projeções ortogonais).

- (6) Possibilidade de geração de renderings.** A maioria dos softwares de prototipagem tridimensional já possuem recursos incorporados para o processamento de imagens realísticas como: 3ds Max, Maya, Viz, Lighwave... outros podem ser adquiridos separadamente como o Flamingo para o caso do Rhinoceros. Eles realizam uma conversão de informações vetoriais tridimensionais em imagens bidimensionais (bitmap) através do processamento de “renderings”, que são cálculos matemáticos das informações físicas contidas na cena 3D como: ponto de vista, lente, material, iluminação e efeitos, necessários para a composição de uma imagem.
- (7) Possibilidade de simulação de testes e cálculos avançados.** Através dos protótipos virtuais podemos realizar diversos cálculos e simulações como: resistência do ar, aerodinâmica, peso, centro de gravidade, difusão de calor, desmoldagem de peças,... através de processos como: análise de elemento finito (FEA).
- (8) Possibilidade de comunicação aberta com os demais atores do processo de design.** A possibilidade de extrair informações do modelo virtual (desenhos, manipulação em tempo real, rendering e animações) facilita a elucidação de detalhes do projeto e assim a comunicação com os demais atores do processo. Esses encontros podem ser facilitados até mesmo pelo formato digital gerado por esses modelos virtuais que facilita a distribuição do conteúdo e a organização de encontros virtuais através de videoconferência, Msn, e-mail,... Contudo isso exija uma familiaridade dos usuários com esses sistemas.

Desvantagens:

- (1) Requer conhecimento técnico específico.** O desenvolvimento de um protótipo virtual não é meramente intuitivo, o que faz com que em muitos casos, seja necessário um treinamento específico, muitas vezes só disponível através dos centros de treinamento autorizado do fabricante do software ou através de suporte técnico adquirido com a compra do produto.
- (2) Dificuldade de interface.** Por ser um ambiente não natural para alguns dos atores do processo de design (clientes, usuários fornecedores,...), poderá haver dificuldade de compreensão das propriedades do protótipo nas interfaces computadorizadas, fazendo que alguns conceitos só possam ser melhor avaliados em interações e ambientes mais naturais, através de protótipos físicos.

- (3) Dificuldade de avaliação de usabilidade.** Por ser um protótipo existente apenas em meio virtual, algumas interações físicas, mesmo com o auxílio de realidade virtual, se tornam superficiais ou inexistentes, principalmente pela ausência da sensação real do toque, do tático (textura, temperatura, forma...), da proporção espacial. Essas são dificultadas até mesmo pela limitação de vídeo-capacetes e sistemas virtuais em reproduzir fielmente a amplitude de visão periférica humana e outras limitações ainda existentes na realidade virtual como: o olfato, o rendering foto-realístico em tempo real, a necessidade de uso de outros artefatos físicos para a realização das simulações, o que aumentam o seu custo,... Isso faz novamente com que algumas avaliações sejam adiadas para o protótipo físico.
- (4) Equipamentos (hardware e software) necessários.** Hoje, mesmo com chegada dos *laptops*, *notebooks* e *tabletPC's*, diminuição dos custos dos computadores fixos e a grande diversidade de softwares de prototipagem virtual, não podemos dizer que é desprezível o custo desses equipamentos e sistemas, fazendo com que ainda estejamos em uma fase inicial de popularização dessas tecnologias, o que ainda limita o acesso a elas.

Alguns exemplos de sucesso no uso da tecnologia de prototipagem virtual são evidenciados através dos dados de algumas companhias como: (1) a Chrysler Corporation, primeira empresa a utilizar a prototipagem virtual e rápida, reduziu o tempo de desenvolvimento do modelo de 6 para 3 anos. (2) General Dynamics Eletric diminuiu o tempo de decisão de 3 semanas para 1 dia. (3) a Boeing, que foi a primeira companhia comercial de aviação a utilizar prototipagem virtual, conseguiu economizar milhões de dólares com mudanças, erros e repetição de trabalhos, entre 70 e 90 %, e reduziu mais de 100.000 horas do tempo de design.

Rooks (1998) apresenta em seu estudo alguns dados importantes sobre a utilização da prototipagem virtual no processo de design. **(f2)A prototipagem virtual permite uma maior integração do design com a fabricação a partir do momento que através dela podemos reproduzir e avaliar questões referentes à ordem de montagem dos componentes e limitações definidas pelos fabricantes.** O design de um automóvel é bastante complexo e caro e possui diversos problemas (uma equipe de 100 designers, mais de 25.000 peças e mais de 100 fornecedores diferentes) o que exige uma perfeita comunicação e interpretação dos dados através de uma engenharia simultânea.



Figura (43) Partes estampadas do corpo de um carro (fonte: Bylund, 2002)

Com a prototipagem virtual podemos produzir variantes de um modelo rapidamente. Rooks (1998) apresenta que a Rover em 6 meses conduziu 140 estudos de fabricação com designers, sub-empreiteiros e fornecedores, utilizando o DYNAMO, que é um conjunto de softwares de desenvolvimento, manutenção e montagem de mockups digitais (DMU). Nesse período 4.000 problemas foram identificados em geometrias que seriam de impossível montagem e 80% dos problemas foram resolvidos antes da construção do primeiro protótipo físico.

Como citado antes, os novos recursos de realidade virtual permitem realizar uma prototipagem virtual 3D semelhante à forma que manipulamos massa de modelar no mundo real. Evans (2005) descreve um processo de desenvolvimento de protótipos virtuais em 3 etapas a partir de sketches 2D. O processo possui as seguintes etapas: (1) digitalização das vistas ortogonais geradas pelo sketches 2D e mapeamento dessas vistas em planos transparentes no espaço 3D do ambiente de prototipagem virtual (software apropriado de prototipagem 3D). (2) Construção de geometria básica utilizando recursos simples do software como suavização, corte e espelhamento. (3) Acabamento final da superfície através interação com equipamento e software de realidade virtual tátil (Phantom input device e Free form software da SensAble Technologies).



Figura (44). Imagens dos sketches2D colocados nos planos do ambiente de prototipagem virtual 3D, Figura (45) Protótipo virtual em um estado preliminar, Figura (46) forma final precisa usando equipamento de realidade virtual Free Form/ Phantom (fonte: Evans, 2005).

Segundo Gibson (1993) (e2) (f3) (u1) através da união da prototipagem virtual e realidade virtual é possível explorar critérios de design referente a funcionalidade, estética e ergonomia.

Tseng, Jiao e Su (1998) afirma que a técnica de realidade virtual oferece a oportunidade de experimentar mundos virtuais com grande realismo. Para eles a união com a prototipagem virtual melhora a qualidade de apresentação, abre novas possibilidades de interação com os modelos em CAD e permite analisar dados do design de produtos referentes (e3) (f4) (u2) a geometria, funcionalidade e fabricação de forma interativa.

Os autores complementam dizendo que essas novas possibilidades de integração, da realidade virtual com a prototipagem virtual, permitem explorar funções sensoriais do olhar, do toque e do som. Esses elementos podem unir designers e clientes em um ambiente imersivo através do uso de uma tecnologia apropriada, que favorece analisar dados de interações dos usuários com o sistema. Segundo os autores essas novas possibilidades podem contribuir com processo inteiro de desenvolvimento de produtos, particularmente nos casos de produtos que (e1) (u2) possuem critérios estéticos e ergonômicos.

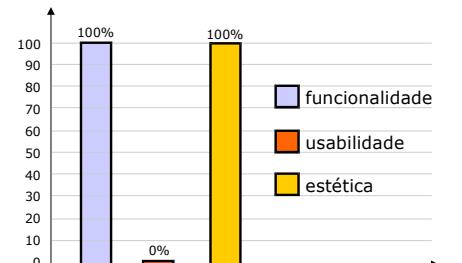
Song et al (1999) (u3) entende a prototipagem virtual como o processo de simulação de uso, do produto, e da combinação de interações físicas através de software em diferentes estágios do design de produtos, além de análise quantitativa desse produto. O que enfatiza questões referentes às interações entre homem e produto, para o nosso estudo, realizadas através dos protótipos virtuais imersivos, ou seja, que utilizam recursos de realidade virtual.

Níveis de Comunicação

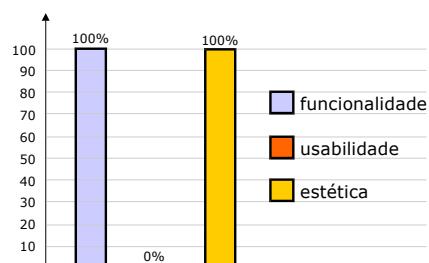
A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)) : **protótipo virtual apreciativo**



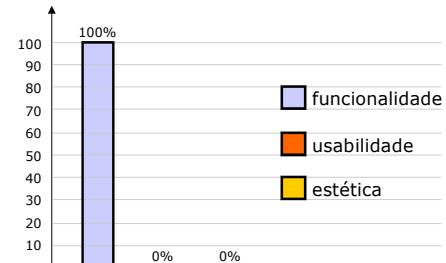
Para Wang (2002) (e1)(f1)



Para Daí et Al (2005) (e2)(f2)

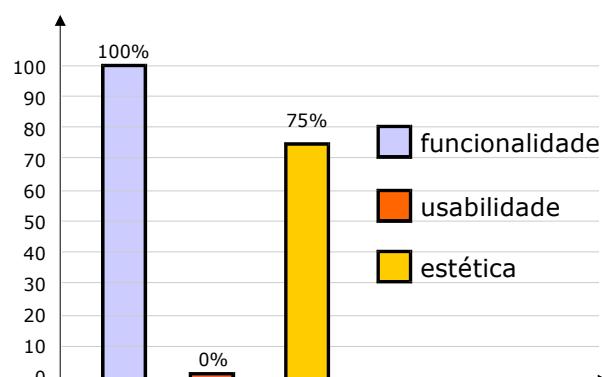


MedLand (1995) (e3)(f3)

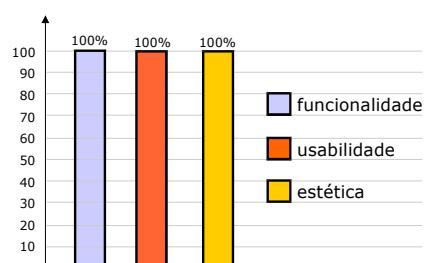


Rooks (1998) (f2)

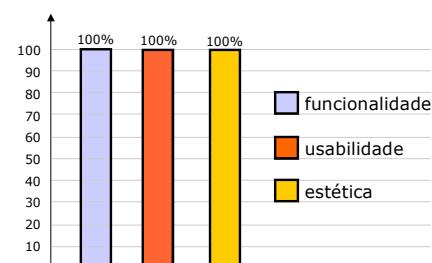
Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **protótipos virtuais apreciativos** :

Gráfico (9) níveis de comunicação dos **protótipos virtuais apreciativos**

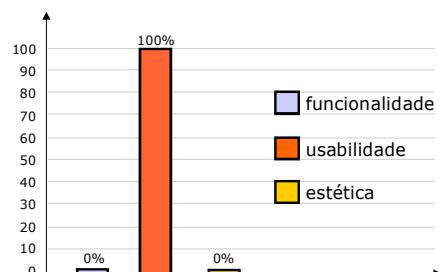
Protótipo virtual imersivo



Segundo Gibson (1993) (e2)(f3)(u1)



Tseng, Jiao e Su (1998) (e3)(f4)(u2)



Para Song et al (1999) (u3)

Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **protótipos virtuais imersivos** :

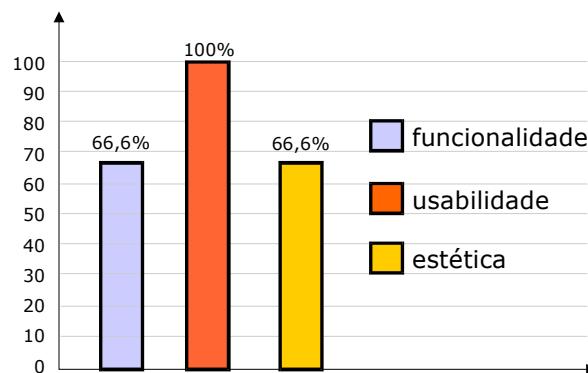


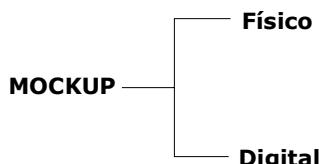
Gráfico (10) níveis de comunicação dos **protótipos virtuais imersivos**

10 Mockup



Definição

O termo “mockup” tem sido usado para 2 situações e aplicações diferenciadas do design: (1) para desenvolvimento de produtos (2) para desenvolvimento de interfaces e softwares. Porém, em cada um dos casos, os mockups possuem atributos diferenciados no que diz respeito a sua funcionalidade: o mockup de desenvolvimento para produtos, por definição, não são funcionais, enquanto o mockup de interface e software na prática são. O que nos leva a sugerir a seguinte classificação:



Tradicionalmente temos definido **mockup físico** como sendo qualquer estado volumétrico de um produto na escala natural (1:1) realizado com materiais alternativos, ou seja, diferentes dos que serão utilizados no produto final (Backx, 1994). Dessa forma eles não exploram todas as características do produto em um alto nível de fidelidade.

Para Baxter (1998) (**e1 Os modelos são usados para a apresentação visual do produto**, também chamados de maquetes, palavra de origem francesa, que em inglês seria similar ao termo mockup. Esses foram inicialmente usados por escultores para elaboração de formas preliminares em gesso.

Para Holmquist (2005) (**e2 Mockups são objetos que possuem a aparência mais não a função de um certo artefato**). O Autor exalta que eles possuem uma longa história no design tradicional, e mais recentemente também nos sistemas de design interativos, sendo uma representação simplificada através dos materiais disponíveis que permitem ao designer identificar problemas potenciais e explorar alternativas nas primeiras fases do projeto, sem o trabalho envolvido na criação de artefatos funcionais.

Porém outros autores ampliam esse conceito para mockups que podem utilizar o mesmo material do produto final, desde que não reproduzam as demais características em um alto nível de fidelidade, pois nesse caso já

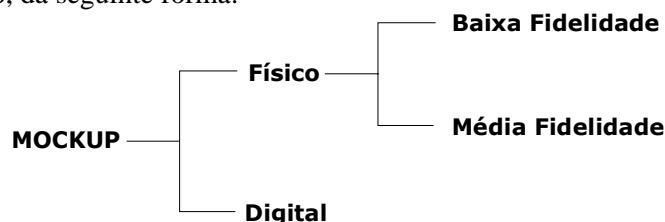
passariam a ser considerados protótipos (para nossa classificação “protótipos de alta fidelidade”).

A partir daí podemos debater outro ponto importante na relação dos métodos de prototipagem com seus atributos. Observando o quadro (16) abaixo, existem alguns campos indefinidos entre modelo, mockup e protótipo de alta fidelidade que necessitam de uma devida interpretação:

Configuração	Modelo	Mockup	Protótipo
Material igual ao do produto final			
Material diferente do produto original			
Escala natural 1:1			
Escala reduzida ou ampliada			
Funcional			

Quadro (16) classificação atual dos modelos, mockups e protótipos de alta fidelidade

Analisando o quadro podemos perguntar: Um método de prototipagem realizado na escala natural 1:1, no mesmo material do produto final sem nenhum recurso funcional seria encaixado em qual classificação? Com o avanço dos métodos de prototipagem rápida que permitem realizar protótipos com mesmo material, em pouco tempo e com baixo custo, deixa de existir a distinção estética entre protótipos e mockups, que agora ficariam separados apenas pela sua funcionalidade, item que ao ser atendido permitiria um produto ser classificado como sendo de alta-fidelidade. Nesse caso, um protótipo de alta-fidelidade. Assim, faremos uma ampliação da classificação anterior para diferenciar mockups físicos que reproduzem ou não a fidelidade estética do produto, da seguinte forma:



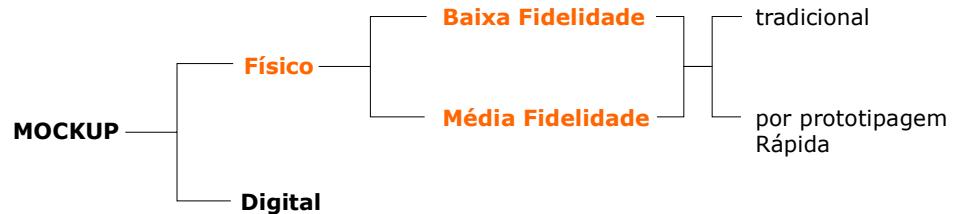
Sendo assim o quadro passaria a ter a seguinte configuração:

Configuração	Modelo	Mockup físico (baixa Fidelidade)	Mockup físico (média Fidelidade)	Protótipo
Material igual ao do produto final				
Material diferente do produto original				
Escala natural 1:1				
Escala reduzida ou ampliada				
Funcional				

Quadro (17) classificação sugerida para os modelos, mockups e protótipos de alta fidelidade

Os **mockup físicos**, de **baixa** ou de **média fidelidade**, podem ser produzidos da seguinte forma: (1) **tradicional**, através de ferramentas manuais ou por aquelas não controladas por computador com controle numérico (CNC) e por (2) **prototipagem rápida (RP)**, ou seja, impressos em 3D através de máquinas controladas por computador através de controle numérico (CNC).

Dessa forma teríamos a seguinte classificação final dos mockups físicos:

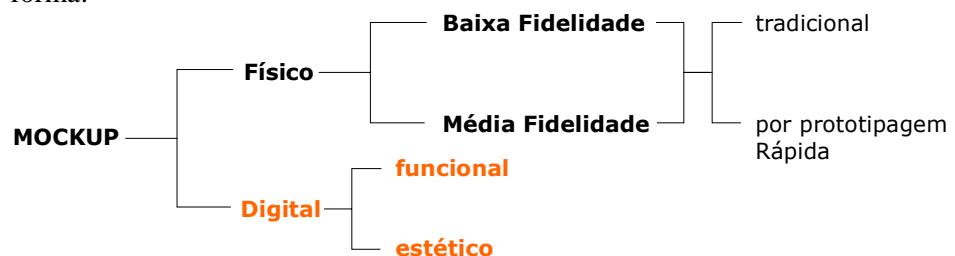


Configuração	Mockup Digital	Mockup físico (baixa Fidelidade)	Mockup físico (média Fidelidade)
Aplicado ao design de produto			
Aplicado ao design gráfico			
Aplicado ao design digital			
Fidelidade estética			
Funcional			

Quadro (18) proposta de classificação dos mockups físicos.

O **mockup digital** seria qualquer tipo aproximado de representação de uma interface, de um software ou de um game, realizado através de ferramentas computacionais como (Power point, Flash, Delphi, Visual studio,...), com ou sem recursos funcionais, para realizar avaliações preliminares antes da estruturação de um **protótipo** (de alta fidelidade) totalmente funcional do sistema.

Percebemos 2 possibilidades de mockups digitais para essa situação: (1) **baixa fidelidade estética** ou **alta fidelidade estética** de apenas parte do sistema e **funcional** – para exploração total ou parcial do sistema utilizando recursos funcionais através de simulação do funcionamento do sistema final (2) **alta fidelidade estética** e **não funcional** – para exploração do layout e dos recursos gráficos. O que nos leva a ampliar a classificação anterior da seguinte forma:



10. 1 Mockup Físico

A indústria automobilística tradicional segundo descrita por Schrage (1996), desenvolvia mockups em argila, que quando polidos, permitia apresentar a impressão de como o produto final seria visto, porém esses não estimulavam futuras interações pela dificuldade de novas intervenções. Dessa forma podemos concluir que a baixa qualidade dos mockups, (diretamente ligado ao baixo custo, esforço e tempo) ajuda e estimula a equipe a propor novas modificações em ciclos iterativos e que o aspecto finalizado dos protótipos de alta fidelidade (diretamente ligado a um alto custo, esforço e tempo) pode inibir essas modificações.

O mockup tem sido bastante usado para reprodução e avaliação de aspectos de produtos e interfaces no processo de design. Os materiais mais utilizados são: papel, papelão ondulado, papelão pinheiro, espumas de poliuretano, madeira, isopor e gesso, juntamente com lápis e caneta, usados para colocação de informação verbais e pictóricas em sua superfície.

Para Schrage (1996) **(u1) Mockups possuem uma qualidade limitada em relação a um artefato final, porém permitem testar, certos aspectos reais, como por exemplo, uma cadeira que pode ser produzida apenas para realizar uma ou duas interações com usuários.** Dessa forma não podemos desprezar a utilidade dessas representações para o processo de design. Falhas que ocorram com esse tipo de representação, além de elucidar alguns problemas, podem fornecer importantes *insights* para a equipe de design.



Figura (47) mockup de baixa fidelidade desenvolvido por alunos do Curso de Design da UFPE.

No processo de design, os mockups possuem uma importante função exploratória e experimental, através deles podemos explorar, testar e avaliar atributos que podem ser rapidamente atualizados e reavaliados.

Para Holmquist (2005) ele seria um “generator”, ou seja, um gerador de idéias e inspirações para o processo de design. Sendo assim, designers de produto e gráfico podem necessitar um amplo número de mockups até a definição do produto final, não interessando muito quanto atrativo será um mockup, mas sim o que podemos extrair de conhecimento através deles.

Podemos analisar ainda o exemplo descrito por Wong (1992), onde apresenta um mockup de um livro em tamanho real, apenas com o tipo de papel e encadernação final, ou seja, apenas com sketch representando um texto sem qualquer recurso gráfico. Esse foi utilizado para avaliar com usuários questões referentes ao papel, a textura, a proporção (largura x altura) da folha, legibilidade do contraste com o sketch e a manipulação que o tipo de encadernação poderia propiciar ao leitor. O limite entre o mockup e o protótipo de alta fidelidade nesse caso seria apenas o fato dos dados dos textos e recursos gráficos não estarem prototipados em alto nível de fidelidade. Dessa forma em relação ao produto tridimensional “livro” ele seria um protótipo de alta fidelidade e em relação ao produto gráfico final ele seria apenas um mockup.

Como citamos anteriormente, os mockups físicos podem ser produzidos por dois métodos: **(1) tradicionais.** Desenvolvidos manualmente ou com auxílio de qualquer ferramenta que não seja de controle numérico (CNC) **(2) por prototipagem rápida.** Desenvolvido pela impressão 3D de protótipos virtuais em máquinas de prototipagem rápida através de controle numérico (CNC). A seguir veremos alguns exemplos de utilização dessas técnicas de prototipagem aplicadas no processo de design:

(1) Mockup tradicional

Snyder (2003) apresenta o uso de mockups em madeira, carcaça de produtos e papel, usados para reproduzir o corpo do produto que está sendo desenvolvido e para servir de suporte para diversos layouts de funções e botões que serão geradas a partir de um processo colaborativo com o time de design (Figura 37). Nesse processo são estimuladas discussões de características para alimentar as idéias de design que serão organizadas para montar estruturas que serão reproduzidas no mockup. Em uma segunda etapa a autora relata: **(u2) nos queremos alguns feedbacks primeiro e acreditamos ser uma boa idéia ver a importância dos botões. Por isso devem ser realizados testes com usuários para que se possa perceber qual deles é menos usado.**

Dessa forma mockups deverão ser levados a testes, para definição desse e de outros pontos como: local usado para descanso das mãos, das dificuldades encontradas para acionamento de botões,... antes do desenvolvimento de um design mais aproximado e da construção do protótipo de alta fidelidade.

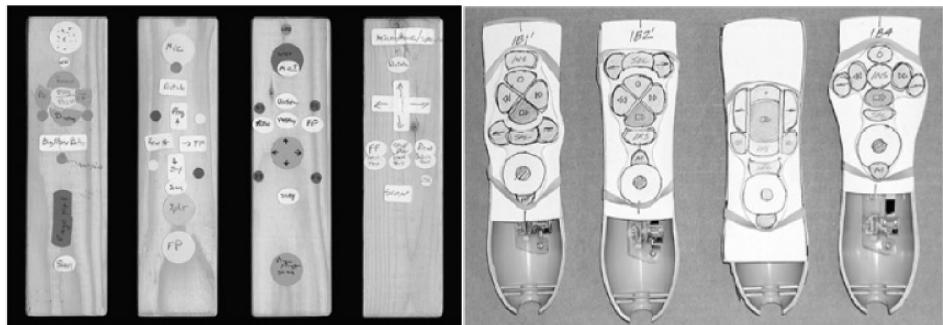


Figura (48) mockup em madeira com comandos em papel | Figura (49) mockup em papel cartão e carcaça de produto (fonte: synder 2003)

Em Snyder (2003), podemos encontrar alguns exemplos do uso de mockups para definição do design de diversos equipamentos, através de trabalhos publicados de diversos autores como: Sade, Nieminen, e Riihiaho (1998) que apresenta o uso de um mockup de uma máquina de recolhimento e reciclagem de alumínio para supermercados. **(u3)Através dos mockups os autores recolhem informações importantes de operações certas e erradas a partir de testes com usuários reais.** Esses testes irão promover informações importantes para elaboração do design e construção da máquina final.



Figura (50) mockup em papelão da carcaça de um recolhedor de latas para reciclagem desenvolvido por Sade, Niemiem e Riihiaho (fonte: synder 2003)

Algumas vezes os mockups podem ser explorados de forma combinada com técnicas de prototipagem em papel (ver tipologia 3 do item 3.2) para que as interações dos usuários com a interface possam ser avaliadas de forma integrada com o produto tridimensional (ver figura 52). A exploração desses protótipos de forma combinada permite identificar problemas no uso do produto e da interface que possivelmente só poderiam ser detectados se avaliados conjuntamente, ou seja, talvez só fossem identificados a partir do desenvolvimento de um protótipo de alta fidelidade. Esse modo combinado então permite identificá-los antecipadamente diminuindo custo e tempo.



Figura (51) "soft" mockup desenvolvido tridimensionalmente apenas com uso de papel (fonte: Gill, 2005)

Para Gill (2005) esse método embora sacrifique a fluidez e a velocidade do desenvolvimento de alternativas como as desenvolvidas a base de papel (como apresentado no número 1 Sketches do item 3.2), **(u4) ela permite que usuários fiquem habilitados a sentir a forma e a ergonomia das informações aplicadas, incluindo a localização e a relação dos inputs do controle.**

Evans (2005) defende que as primeiras modelagens 3D devem ser rápidas e fluídas como é a realização dos sketches 2D, para isso o autor apresenta uma técnica bastante rápida para a criação volumétrica a qual chama de Sketch 3D e que para nós poderia vir a ser um modelo ou mockup (ver definição). Nessa técnica (1) o desenho gerado pelo sketch é colado em um bloco de poliestireno (isopor rígido) (2) esse bloco é desgastado até se aproximar da forma do sketch 2D (3) e depois esse é continuamente desgastado manualmente com feedback tático seguindo as linhas definidas no sketch até a forma se aproximar do modelo desejado. (figuras 53,54 e 55).

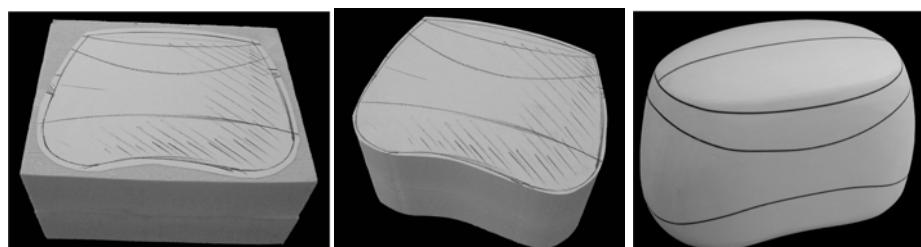


Figura (52). Imagem do sketch 2D colado no bloco de poliestireno e Figura (53) bloco desgastado para se adequar a forma do sketch 2D Figura (54) forma final a partir do desgaste manual da forma através de interações táticas (fonte: Evans, 2005).

Essa necessidade de feedback tático leva designers de automóveis de grandes empresas a imprimir em 3D (em blocos gigantes de poliestireno), os protótipos virtuais de seus automóveis em tamanho natural (escala 1:1) através de processos manuais ou através de grandes máquinas fresadoras de controle numérico (um dos tipos de máquinas de prototipagem rápida) e a partir desses

mockups se estabelecem mudanças importantes na forma final do seu design, através de *feedbacks* multisensoriais, ao qual está incluído o *feedback* tátil.



Figura (55). Designers da Chevrolet desenvolvendo um mockup de média fidelidade do Corvette através da técnica das 10 linhas (usada para transferir o Sketch para a forma tridimensional) Figura (56) Mockup impresso por fresadoras através de prototipagem rápida (ver item a seguir) sendo ajustado manualmente por designers (fontes: Car design Online).

(2) Mockup por prototipagem rápida

Lopez e Wright (2002) descrevem em seu estudo o processo de desenvolvimento de um joystick de um vídeo game. Em uma primeira etapa, os sketches gerados a partir de *focus group*¹⁷ são levados para 3 computadores gerarem protótipos virtuais tridimensionais, através do software CAD SolidWorks. Depois, os protótipos virtuais foram prototipados através de uma máquina de prototipagem rápida 3D da Z-corporation (tecnologia de impressão colorida por camadas de 1 mm de espessura), gerando **Mockups** físicos. A partir daí, foram entrevistados 20 usuários e foi possível realizar avaliações das idéias em um estado concreto, através desses **mockups**. Dessa forma, obtiveram as informações necessárias para realizar a melhor escolha. A figura (58) apresenta as 3 propostas prototipadas durante o experimento.



Figura (57) 3 mockups de propostas de design impressas por prototipagem rápida para realização de avaliação com usuários (fonte: Lopez e Wright, 2002)

A opção de design escolhida sofreu novas alterações a partir do *focus group* com esses 20 usuários, que foram atualizadas diretamente no protótipo virtual. Um mockup foi então re-impesso na máquina Z-corporation e definitivamente impresso na forma de um **protótipo de alta fidelidade**, através

¹⁷ É um método de pesquisa qualitativa onde um grupo de pessoas são questionadas sobre suas atitudes diante de um produto, serviço, conceito...

de uma máquina Stratasys com tecnologia FDM (modelo Quickslice), que permitiu imprimir um protótipo no mesmo material do produto final, nesse caso plástico ABS.

O estudo relata ainda alguns dados quantitativos importantes. Cada protótipo virtual foi elaborado com um tempo de 5 a 7 horas e os 3 mockups (cada um com dimensões aproximadas de 15x10x2,5cm) consumiram juntos de 6 a 8 horas para serem transferidos e prototipados fisicamente. Dessa forma, do início até o final do processo, o tempo gasto para criar cada protótipo foi aproximadamente 8 horas, dessas, 3 horas em máquina e 5 horas com trabalho humano. Os resultados apontam que o tempo total gasto por esse processo é bastante inferior ao tempo que seria gasto se os mesmos 3 mockups fossem realizados pelos métodos tradicionais, que possivelmente demoraria alguns dias e dificilmente seriam tão precisos, mesmo construídos por um profissional habilidoso.

Em relação à produção do protótipo final em ABS, o tempo total gasto de 24 horas é alto se comparado com tempo de uma produção em série, porém esse permite avaliar o produto final a um custo bastante inferior se comparado ao custo de moldes, preparação e utilização de máquinas em uma linha de produção. O que permite realizar avaliações e testes prévios e eliminar erros que seriam bastante custosos em uma fase seguinte da produção em série.

Snyder (2003) **(e3) afirma que os mockups 3D permitem explorar características estéticas (“look and feel”), através das sensações tátteis, visuais e de (u4) usabilidade, através da condução de testes com usuários.** Através de modelos, como o controle remoto apresentado na figura (59), podemos ter um excelente feedback do posicionamento, tamanho dos botões, forma, sensações tátteis de côncavos e convexos, conforto, proporções...



Figura (58) mockup em espuma feito através da prototipagem de controle numérico (fonte: synder 2003)

Snyder (2003) apresenta algumas facilidades dos modelos gerados através de sistema CAD e prototipagem por controle numérico como: (1) possibilidade de realização de diversas combinações de forma do corpo, layout e botões. (2) facilidade de alteração do modelo no formato digital e realização de novas impressões 3D.

A partir desses estudos apontam algumas vantagens do uso da prototipagem física no processo de design:

- (1) Permitir a exploração das características desejáveis através da estética e fatores ergonômicos.
- (2) Poder avaliar através de interações com usuários diversas alternativas, através da combinação físicas de componentes e subcomponentes, como itens mecânicos, eletrônicos, placa de circuitos...
- (3) Protótipos físicos permitem usuários visualizarem, avaliarem e refinarem seu feedback através de interações táteis que permitem explorar aspectos referentes aos sentidos e a emoção (*look and feel*) e ergonômicos do design.
- (4) Diminui o tempo para criação de mockups, o que possibilita a realização de uma quantidade maior e ciclos iterativos no processo de design e uma consequente maior possibilidade de aceitação do design por parte dos usuários finais.

10. 2 Mockup Digital

Desenvolver protótipos para realização de avaliação com usuários possui a seguinte importância para o desenvolvimento de uma interface: (1) ajuda o designer a compreender o modelo do usuário e a desenvolver o sistema coerente com o modelo deles (2) permite eliminar o processo intuitivo muitas vezes usado pelos designers (3) permite identificar problemas em uma fase inicial do desenvolvimento do sistema funcional final. (4) permite eliminar o “achismo”. Com protótipos, os erros e os acertos podem ser verificados na prática. (5) permite realizar análises comparativas com produtos similares (6) permite avaliar o sistema de forma integral e não partes independentes permitindo integrar designers e desenvolvedores em uma mesma linguagem. (7) adaptar o sistema a maior quantidade de usuários considerando as diferenças (8) permite aumentar a consistência do sistema complementando as diretrizes e recomendações presentes nas *guidelines*¹⁸.

Constantine (2001) diz que usa mockup em seu trabalho porque ele aumenta a velocidade de desenvolvimento e permite encontrar uma solução superior, mais rapidamente, pois ajuda a saber o que realmente deve ser construído. Para o autor, o tempo é gasto quando se constrói um sistema errado

¹⁸ é um documento que estrutura um processo em particular através de uma seqüência de rotinas ou procedimentos. Nas interfaces dos usuários é um conjunto de regras gerais de usabilidade.

ou com funções desnecessárias. Por isso, mesmo com tempo apertado para entrega do projeto, desenvolvedores constroem e analisam mockups, pois sabem que isso no final ajuda a economizar tempo.

Os protótipos habitam o design a ser melhor visualizado e promovem *insights* para definir a forma com ele deverá ser visto e como deverá trabalhar, auxiliando a definir tarefas, fluxos, a interface e suas telas.

Para Constantine (1998), que trata de mockup (funcional) relacionado a interfaces de softwares, ele representa o conteúdo de uma interface do usuário: materiais, ferramentas, espaços de trabalho,... (e3) (f1) (u5) que são descritas em termos de funções, seus propósitos e como elas são usadas, ou seja, detalhes do que o usuário irá ver e como o sistema irá se comportar. Através desse mockup deve-se ser capaz de encontrar problemas de usabilidade e defeitos da interface com usuário.

Galitz (2002) apresenta uma metodologia de desenvolvimento de interface utilizando técnicas de especificação de requerimentos, através de métodos diretos onde estão previstas duas etapas de prototipagem como veremos a seguir:

1 Entrevista Individual face a face
2 Entrevista ou pesquisa estruturada por telefone
3 Focus group tradicional (pequeno grupo com moderador verbalizando requerimentos) similar ao workshop em grupo
4 Estudo de observação de campo (usuários são observados e monitorados para que se possa compreender o que eles fazem) similar à análise da tarefa
5 protótipo de requerimento que para o nosso estudo poderia ser aplicado um protótipo de papel ou Mockup digital funcional (um demo ou um protótipo bem inicial para que usuários comentem a respeito de sua funcionalidade)
6 protótipo de interface do usuário que para o nosso estudo poderia ser aplicado um mockup digital funcional, façade, wizard of oz ou protótipo de alta fidelidade (para que usuários possam descobrir problemas e características da interfaces do usuário)
7 Card Sorting para <i>Web sites</i> (técnica que estabelece grupos de informações para <i>web sites</i>).

Para o autor, inicialmente esses protótipos podem ser feitos através de sketches, desenhados a mão ou através de sistemas com performance básica de suas funções, não necessitando ser realístico (um protótipo de alta fidelidade) mas lógico, preciso e legível.

Para exemplificar é descrito um sistema chamado de “*programmed Façades*” que poderia ser traduzido como “fachada programada” que pode evoluir para um **protótipo de alta fidelidade**. Nele está previsto a reprodução

de quadro de diálogo e telas com aspecto final de partes importantes que necessitam ser avaliadas no sistema, criadas através de ferramentas específicas de prototipagem, que permitem gerar informações importantes para a criação do sistema final.

Comparado com os sistemas de prototipagem de baixa fidelidade como sketches e protótipos de papel, esse sistema implementado funcionalmente possui as desvantagens de (1) criar a expectativa no cliente que o sistema já está pronto (2) é mais caro e consome mais tempo para desenvolver (3) não é tão efetivo para gerar requerimentos qualitativos.

O desenvolvimento de um mockup digital funcional de uma interface é melhor adaptado a programadores ágeis em linguagem de programação rápida de alto nível, do que desenvolvedores focados em um sistema robusto, em detalhes que utilizem uma linguagem final, ou seja, com nível de produção.

Por isso, ferramentas como Visual Studio foram desenvolvidas para permitir aproveitar a interface e funcionalidades de um mockup digital em um caminho evolucionário até o chegar ao produto final.

Para Fox (2005) no desenvolvimento de games, (e4) o mockup possui a finalidade de apresentar a arte da interface (esquema de cores, aplicação de logos, expressão do design, resolução,...). Para o autor os mockups permitem antecipar e acalmar a equipe sobre a arte do game e a visão do produto final. Para essa finalidade, podemos utilizar ferramentas para gerar ilustrações estáticas como Adobe Photoshop ou interativas como Macromedia Flash. Esse último (f2) permitirá simular e debater com programadores as funções do futuro sistema, através de amplo controle das operações a serem realizadas na interface.

Essas interfaces interativas produzidas por Macromedia Flash poderão futuramente alimentar o produto final de forma evolutiva, através de *games engines* como RenderWare, que aceitam esse tipo de arquivo. Isso facilita o desenvolvimento de jogos, não apenas pela possibilidade de continuidade do processo e aproveitamento do trabalho inicial realizado no mockup digital, mas pela necessidade de um conhecimento técnico mais acessível, através de um sistema mais intuitivo, flexível (exporta arquivos EXE e HTML) e com maior fluidez de criação de interfaces, como realizado pelo Flash.

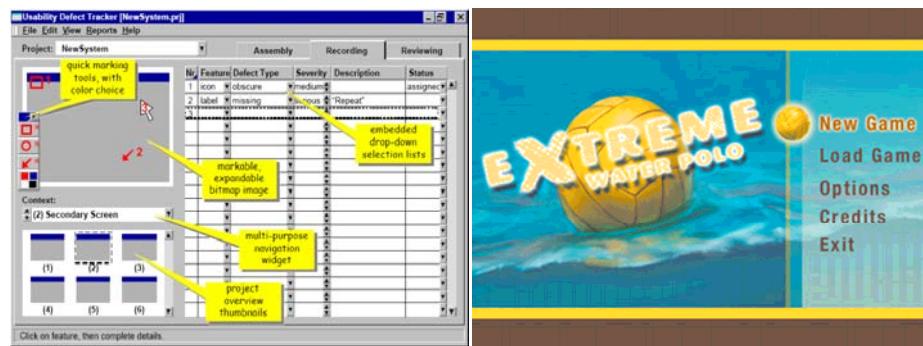
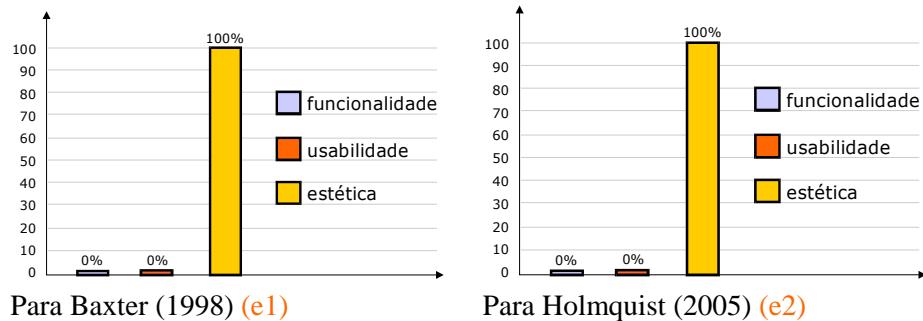


Figura (59) um mockup funcional implementado (fonte: Constantine, 1998) e Figura (60) um mockup estético implementado para definir cores e estilo da interface (fonte: Fox, 2005).

Níveis de comunicação

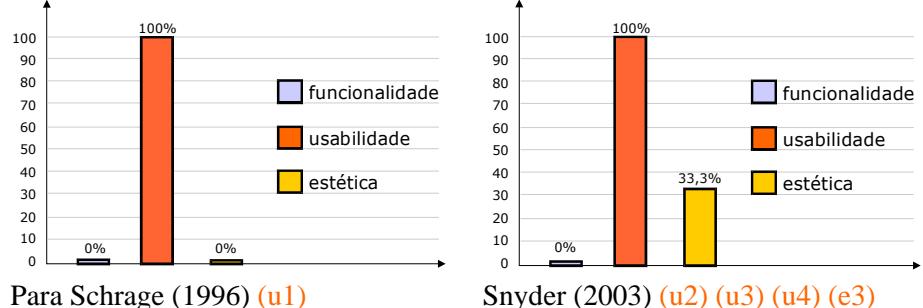
A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(**u**), funcionalidade(**f**) e estética(**e**)):

Mockup Físico



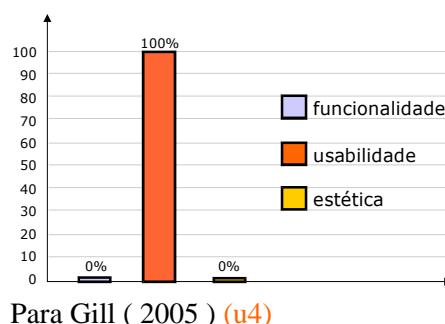
Para Baxter (1998) (e1)

Para Holmquist (2005) (e2)



Para Schrage (1996) (u1)

Snyder (2003) (u2) (u3) (u4) (e3)



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **mockups físicos** :

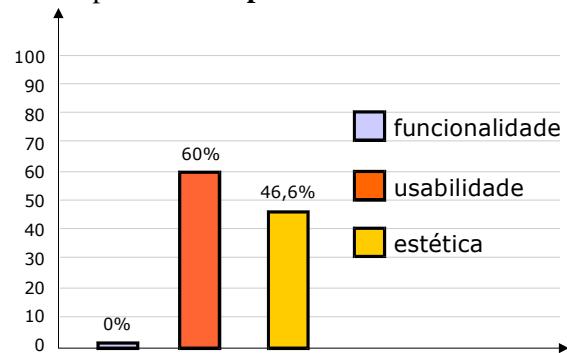
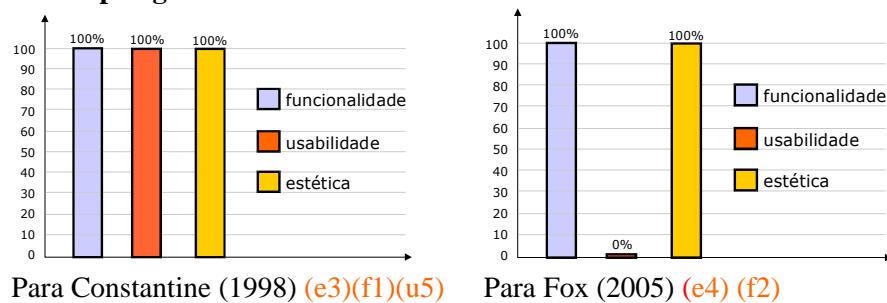


Gráfico (11) níveis de comunicação dos **mockups físicos**

Mockup Digital



Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **mockups digitais** :

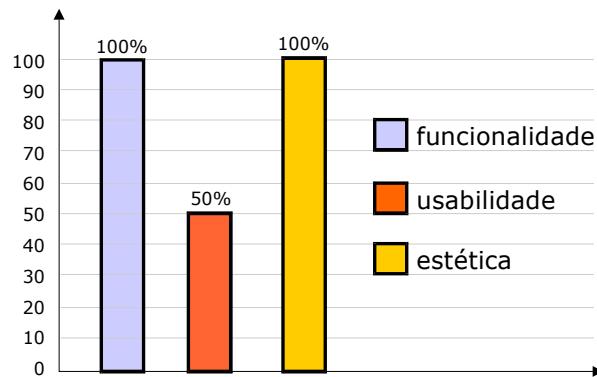


Gráfico (12) níveis de comunicação dos **mockups digitais**

11 Protótipo (de alta fidelidade)



Os protótipos reproduzem todas as características do produto do design em um alto nível de fidelidade. Para Rouse (1991) através dos protótipos podemos dar aos desenvolvedores e usuários a possibilidade de envolvê-los em uma experiência de participação ativa com os produtos ou sistemas por se tratarem de sistemas funcionais.

Porém a definição dos protótipos pode variar de acordo com a área de aplicação do design: produto, gráfico ou digital:



(1) protótipo para projeto de produto: seria a representação em escala natural (1:1) produzido no mesmo material do produto final, reproduzindo toda a funcionalidade do produto em alta fidelidade.

(2) protótipo para produto digital: seria o protótipo final de uma interface, game ou software (limitamos aqui a analisar as áreas de atuação dos designers), com todos os aspectos funcionais e estéticos para que possa explorar e avaliar com usuário todas as características referentes à sua usabilidade.

(3) protótipos para produtos gráficos: seria o projeto gráfico final impresso no mesmo material, na mesma escala da peça gráfica final.

A seguir iremos apresentar melhor a definição, as técnicas de construção e utilização dos protótipos de acordo com a classificação apresentada:

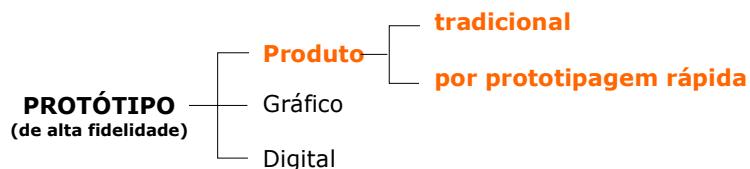
(1) protótipos para projeto de produtos:

Para Baxter (1998) e Backx (1994) protótipos de produtos são modelos físicos feitos na escala natural 1:1 no mesmo material do produto final.

Gebhardt (2003) tem uma definição que se enquadra bem na nossa definição de protótipo de alta fidelidade, segundo o autor **(u1) (e1) (f1) protótipos são amostras bem aproximadas ou se necessário, exatas, que só se diferenciam do produto em série pelo processo de produção.** Através deles podemos estar habilitados a testar uma ou várias propriedades do produto, como: teste de montagem, de processo, teste de marketing,...

Para Kolmquist (2005) quando o produto tem a sua aparência superficial idêntica a de um produto final, isto pode ser bom para iniciar um trabalho de avaliação, principalmente se a audiência não tem conhecimento dos problemas particulares envolvidos no processo de desenvolvimento de design.

Os protótipos de alta-fidelidade de produtos podem ser produzidos por dois métodos: (1) **tradicionais** desenvolvidos manualmente ou com auxílio de qualquer ferramenta que não seja de controle numérico (CNC) (2) **por prototipagem rápida** desenvolvido pela impressão 3D de protótipos virtuais em máquinas de prototipagem rápida através de ferramentas de controle numérico (CNC). A seguir veremos alguns exemplos de utilização dessas técnicas de prototipagem aplicadas ao processo de design:



(1) protótipo tradicional

A prototipagem tradicional já acompanha a humanidade desde o desenvolvimento dos primeiros artefatos que ajudaram o homem a viver. Porém a prototipagem como temos reconhecido hoje, iniciou no processo de design há alguns séculos atrás.

Para Daí e Gobel (1994) no processo de desenvolvimento tradicional de produtos, um protótipo é usualmente construído para mostrar conceitos de design, avaliar alternativas e testar a viabilidade produtiva do produto.

Para Wang (2002) (e2) (u2) através de protótipos físicos humanos podem realizar avaliações sensoriais em um produto como: cor, forma, características estéticas, “o sentir”, além da possibilidade de realizar análises ergonômicas.

Como exemplo de prototipagem tradicional, podemos apresentar um projeto desenvolvido por alunos graduandos de design da UFPE. O objetivo era desenvolver um projeto de um carro coletor de materiais recicláveis, de baixo custo, que facilitasse o ofício dos catadores de rua e favorecesse a inclusão social. Como se tratava de um concurso do Programa Brasileiro de Design, Ministério do Desenvolvimento e Unisol: O *briefing* e os requerimentos projetuais gerais já estavam previamente definidos. Apresentaremos a seguir as fases do desenvolvimento do design:

(1) Na **fase de contextualização e conceitualização** foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Análise dos requerimentos projetuais gerais, levantamento em campo das necessidades dos catadores através de análise da tarefa e entrevista (foi realizado um trabalho em conjunto com a comunidade de catadores de Camaragibe (Aratac) e com alguns catadores de rua), levantamento topográfico, análise de similares e viabilidade tecnológica.
- Foram definidos os requerimentos projetuais específicos (o que deveriam ser priorizados) e desenvolvidos os primeiros conceitos através de técnicas de criatividade como: análise de cenário, referência fotográfica de conceitos (segurar, armazenar, transportar, descarregar) Geração de alternativas, *brainstorm*, caixa morfológica,... Nessa fase os conceitos foram desenvolvidos através de sketches. Posteriormente eles foram avaliados através de *checklists*¹⁹ e análise com especialistas.

(2) Na **fase de desenvolvimento** foram realizadas as seguintes atividades:

- Desenvolvimento dos conceitos selecionados
- Estudo de conceitos de física e mecânica
- Desenvolvimento de protótipos virtuais.
- Desenvolvimento de prancha técnicas e renderings

(3) Na **fase de realização** foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Desenvolvimento de um **protótipo tradicional de alta fidelidade** em uma pequena serralharia. O protótipo foi utilizado para avaliação com usuários no contexto real de uso, para uma avaliação estética e funcional, montagem, desmontagem e transporte.

Nesse projeto a falta do uso de protótipos físicos na fase de desenvolvimento, fez com que falhas projetuais importantes de funcionalidade e usabilidade só fossem detectadas na fase de realização através do protótipo de alta fidelidade. Mostrando mais uma vez a importância da escolha adequada de protótipos durante cada uma das fases de design.

Nesse caso, devemos entender que a principal diferença entre **protótipos de alta fidelidade** e **pilotos** (que será visto a seguir) seria o fato da produção do protótipo de alta fidelidade ter sido realizada de forma artesanal, ou seja, não ter sido realizada através do mesmo processo de produção em série de um produto final. O que impede a avaliação do custo e tempo de desenvolvimento do produto. A seguir apresentaremos algumas imagens do desenvolvimento do veículo até o protótipo final (de alta fidelidade).

¹⁹ É uma lista de checagem usada para compensar a limitação da memória humana e ajudar a manter a consistência e a integralidade na execução de uma tarefa



Figura (61) e (62) imagens dos alunos de design da UFPE durante o desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade do veículo coletor de materiais recicláveis em uma serralharia.

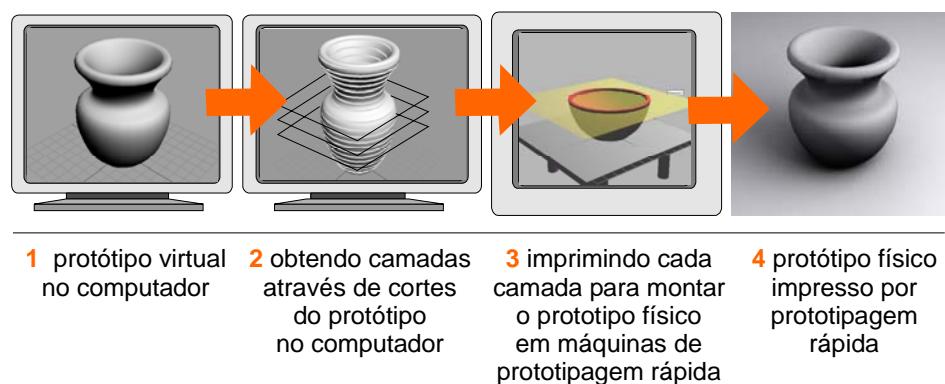
(2) protótipo por prototipagem rápida



Podemos definir esse tipo de protótipo como a representação de um produto em escala natural (1:1) impresso fisicamente a partir de protótipos virtuais feitos em (CAD) através de máquinas de prototipagem rápida (com tecnologia CNC).

Para Choi e Samavedam (2001) (e3) (u3) (f2) **O processo de prototipagem rápida constrói partes físicas, camada a camada, a partir de modelos 3D CAD, que podem ser usados para inspeções visuais, análise da adequação formal, avaliação ergonômica, processo de fabricação,... em vários estágios do processo de design.**

Para compreendermos as etapas previstas para o desenvolvimento de um protótipo por prototipagem rápida usaremos a ilustração abaixo:



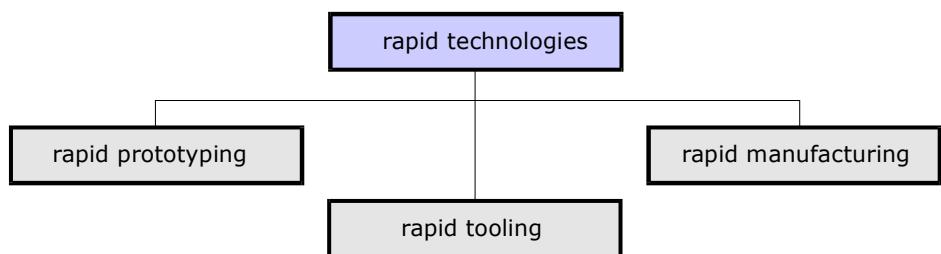
Quadro (19) processo de prototipagem rápida

1 O protótipo virtual no computador pode ser obtido de 2 formas: através da prototipagem virtual realizada por softwares 3D que constrói virtualmente o modelo em 3D ou através de engenharia reversa (digitalização de produtos reais através de equipamentos de captura em 3D).

2 A obtenção de camadas ou caminhos de impressão é realizada através da importação dos arquivos STL, IGES ou VRLM (gerados pelos softwares de prototipagem virtual) dentro de softwares específicos de CAM como: ArtCAM, onde são gerados os cortes paralelos ao plano XY com uma espessura determinada (que pode variar de acordo com a qualidade de impressão desejada ou com as características de cada equipamento de prototipagem rápida onde será impresso) ou os caminhos de impressão (para os casos de impressão em Fresadoras).

3 A impressão dos modelos são realizadas por máquinas de prototipagem rápida a partir das camadas (*layers*) ou caminhos de impressão (*toolpaths*) gerados pelos softwares CAM. As máquinas de prototipagem rápida podem trabalhar com diversas tecnologias (SLA, SLS, LOM, MJM, 3DP,...), que permitem imprimir em diversos materiais como: ABS, elastômeros, resina, cera, papel, metal, madeira,... (o que será detalhado adiante).

4 O produto final, dependendo do equipamento de prototipagem rápida, do material e do modo de impressão escolhido, pode ser utilizado como: (1) Modelo, mockup, protótipos (*rapid prototyping*), (2) como moldes ou ferramentas de fabricação (*rapid tooling*) (3) ou ainda como produto final ou partes deles, em escala de fabricação (*rapid manufacturing*).

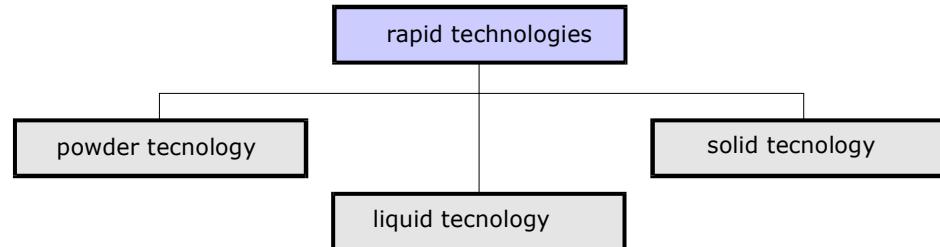


Quadro (20) possibilidades de impressão da tecnologia rápida

Como visto no item **3**, existem diversas tecnologias de impressão. Algumas delas permitem imprimir o protótipo virtual em materiais alternativos para gerar mockups. Outros permitem imprimir um protótipo de alta fidelidade com todas as características físicas de um produto final, fazendo com que, em alguns casos, esse protótipo passe a ser utilizado como produto final, em uma produção não seriada ou limitada (pequena escala). Entre as tecnologias de impressão podemos destacar:

(a) Tecnologias de impressão em prototipagem rápida

Existem basicamente 3 classes de impressão na tecnologia de prototipagem rápida:



Quadro (21) tecnologias de impressão em prototipagem rápida

- **em pó (powder technology):** que possui diversas tecnologias como: Selective Laser Sintering (SLS), Three-Dimensional Printing (3DP), Multiphase Jet Solidification (MJS), Laser Engineered Net Shaping (LENS), Electron Beam Melting (EBM), EOS's EOSINT Systems.

- **Líquida (liquid technology):** que possui diversas tecnologias como: (stereolithography (SLA), Cubital's Solid Ground Curing (SGC), Sony's Solid Creation System (SCS), Rapid Freeze, CMET's Solid Object Ultraviolet-Laser Printer (SOUP), Teijin Seiki's Solidform System, ...)

- **sólida (solid technology):** que possui diversas tecnologias como: Laminated Object Manufacturing (LOM), Fused Deposition Modeling (FDM), Multi-jet Modeling System (MJM) Paper Lamination Technology (PLT), Solidscape's ModelMaker e PatternMaster,

Das tecnologias de impressão 3D em prototipagem rápida citadas podemos destacar as seguintes:

(1) Fotopolimerização - Stereolitografia (SL-Steriolithography)

Existem diversos processos solidificação de líquidos monoméricos através de Fotopolimerização, conhecida também como esteriolitografia, entre eles: Stereolithography Apparatus-SLA (3D Systems | USA), Stereos (EOS | Alemanha), Stereolithography (Fockele&Schwarze (F&S) | Alemanha), Solid Ground Curing (Cubital | Israel), Micro-Stereolithography (Microtec | Alemanha), Stereolithography (Envision | Alemanha) e Stereolithography Polyjet (Object | Israel-USA). Abaixo apresentaremos o mais difundido entre eles:

(1.1) Stereolitografia por instrumentos (SLA)



figura (63) e (64) máquinas de prototipagem rápida Viper PRO e SLA 5000
(fonte: 3Dsystems)

Foi o primeiro processo de prototipagem rápida. Desenvolvido em 1986 e produzido pela 3D Systems INC - USA, a partir de 1988. Hoje é um dos processos de prototipagem rápida mais difundidos em todo mundo.

O processo permite formar o protótipo através da solidificação de resina líquida, epóxi ou acrílica, sensível a luz, que é solidificada através de um feixe de laser ultravioleta. As camadas vão sendo criadas uma sobre a outra através da solidificação de cada uma delas imersas pouco a pouco em um banho líquido do material.

Os protótipos após serem gerados precisam ser levados a um forno de radiação ultravioleta para uma cura completa, necessitando ainda ao final alguns acabamentos como: pintura, lixamento ou polimento para assumirem um melhor aspecto.

Através desse processo é possível obter também protótipos ocos (*Quick cast, Skin ou Core*) que são bastante utilizados para conversão em metal através de técnicas de “*investment Casting*” e “*Sand Casting*”.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na 3Dsystems em abril/2007)

Material	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo
líquido foto reativo (Accura SI10 e SI40 e Acura Amethyst*)	3D Systems	ViperPro SLA	1500x750x500mm	0,05-0,15mm	n/i **
	3D Systems	SLA7000	508x508x584mm	0,025-0,1mm	n/i
	3D Systems	SLA5000	508x508x584mm	0,05-0,10mm	n/i
	3D Systems	Viper SLA	250x250x250mm	0,02-0,10mm	n/i
	3D Systems	Viper HA SLA	250x250x50,8mm	0,05-0,10mm	n/i

*apenas para o modelo ViperPro SLA. **não informado pelo fabricante

A quantidade limitada de materiais dificulta alguns testes funcionais, possui um alto custo, imprime camadas entre 0,03 e 0,25 mm.

(2) Manufatura Laminada por layer (LLM)

Existem diversos processos de prototipagem laminada por camada, entre eles: o Laminated Object Manufacturing-LOM (helisys | USA), Rapid prototype system (Kinergy | Cingapura), Selective Adhesive and Hot Press Process-SAHP (Kira | Japão), JP Systems 5 (Schroff Development corp | USA), Layer Milling Process-LMP (Zimmermann | Alemanha), Stratoconception (Charlyrobot | França), Stratified Object Manufacturing-SOM (ERATZ/MEC | Alemanha). Abaixo apresentaremos o mais difundido entre eles:

(2.1) Manufatura de Objetos em Laminas (LOM - Laminated Object Manufacturing)



figura (65) e (66) máquinas de prototipagem rápida LOM 1015 e LOM 2030
(fonte: Warwick Manufacturing Group e Departamento de Engenharia Mecânica e Nuclear da Universidade do Estado da Pensilvânia)

Esse processo desenvolvido pela Helisys INC - USA, monta o protótipo através da colagem de múltiplas camadas. A Helisys parou as suas operações em 2000 e seus produtos passaram a ser revendidos pela Cubic Technologies.

O material normalmente utilizado são bobinas de papel que possuem cola especial que é ativada com o calor e permite a fixação de uma camada sobre a outra. O processo utiliza um feixe de laser para cortar papel seguindo a camada atual do sólido que está sendo modelado e quadricula o excesso para que esse seja retirado após o término da peça. Outros materiais como: fibra de vidro, plástico, papel hidrófobo, pó cerâmico ou metálico também podem ser utilizados.

Após o término protótipos feitos em papel pelo processo LOM, eles precisam ser selados e revestidos por vernizes ou tintas para evitar danos causados pela umidade e os pulverulentos devem ser sinterizados para terem a máxima resistência.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada em Gebhardt, 2003)

Material	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo (altura)
Papel e Polyester	Cubic Technology	LOM 1015 plus	250x381x355mm	0,05-0,5mm	2-12mm/h
	Cubic Technology	LOM 2030 E	559x813x508mm	0,05-0,5mm	2-12mm/h
	Cubic Technology	LOM 2030 H	559x813x508mm	0,05-0,5mm	2-12mm/h

(3) Sinterização a Lazer (SL)

Existem diversos processos de prototipagem a partir de solidificação de pó gerados pela sinterização a laser, entre eles: Selective Laser Sintering (3D systems | USA), Laser Sintering (EOS | Alemanha), Selective Laser Melting (Fockele&Schwarze | Alemanha) e Laser Cusing (Concept Laser | Alemanha). Abaixo apresentaremos os mais difundidos entre eles:

(3.1) Sinterização Seletiva a Lazer (SLS–Selective Laser Sintering)



figura (67) e (68) máquinas de prototipagem rápida Sinterstation Pro e HiQ
(fonte: 3Dsystems)

Esse processo desenvolvido por Carl Decker (universidade do Texas) e produzido pela DTM Corp, USA. Ele é comercializado desde 1992 e recentemente foi comprada pela 3DSystems. Produz produtos finais em plástico e metal, ferramentas e modelos de moldagem. O sistema realiza uma fundição seletiva de materiais pulverulentos que podem ser: Náilon, elastômeros e metais como: aço, cobre,... eliminando a necessidade de fundição, modelagem, moldagem e outros processos secundário da produção, reduzindo tempo e custo do processo.

Através de um feixe de lazer que solidifica o pó depositado em uma câmera pré-aquecida, referente apenas à área da camada atual do sólido a ser modelado, assim o processo vai modelando a peça, camada a camada, e o excesso do pó não solidificado ajuda a dar suporte à peça até completar o processo, sendo removida ao final.

Imprime camadas de 0,1 a 0,15 mm, possui grande variedade de plásticos e metais disponíveis para impressão e é apropriado para teste funcionais e analíticos no protótipo. Pode ser usado para *rapid tooling* e *rapid manufacture*.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na 3Dsystems em abril/2007)

Mat.	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo (altura)
Plástico	3DSystems	Sinterstation pro 140	550x550x460mm	0,1-0,15mm	n/i
	3DSystems	Sinterstation pro 230	550x550x750mm	0,1-0,15mm	n/i
Plástico e Metal	3DSystems	Sinterstation HiQ	381x330x457mm	0,1-0,15mm	n/i

(3.2) Sinterização a Lazer da EOS

A EOS (Electro Optical Systems), logo depois de desenvolver a primeira máquina em 1991, iniciou a produção de máquinas para sinterização de plástico que gerou a família EOSINT. Hoje produz protótipos através de 3 famílias de materiais: Plásticos (linha P) e Metais (linha M), através da sinterização de pó (*powder*), e Areia (linha S) através de um processo especial de solidificação de líquidos (*liquid*), tecnologia chamado policondensação, que utiliza poliméricos moldados com areia. Todos sinterizados através de laser (CO₂).

As máquinas aceitam os formatos STL e dados de contorno CLI (Common Layer Interface).

Para a produção de protótipos em Plásticos, eles desenvolveram máquinas que utilizam poliamida (substância sintética tipo Nylon PA12) com ou sem acabamento vidrificado e polistreno (material plástico) e a produção de protótipos em Areia podem usar pó de quartzo e de zirconia (mineral semi-precioso).

Atualmente a EOS está desenvolvendo uma tecnologia especial de sinterização de metal chamada DMLS (Direct Metal Laser Sintering), que permite desenvolver moldes para moldagem por injeção de plástico e moldagem de pressão em metal, em um processo denominado DirectTool, para produção direta de ferramentas de fabricação. A produção de produtos em metal também pode utilizar bronze em pó.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na EOS em abril/2007)

Mat.	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo (altura)
plástico	EOS	Formiga P100	200x250x330mm	Típico:0,10m	24mm hora
	EOS	Eosint P 390	340x340x620mm	0,1-0,15mm	35mm hora
	EOS	Eosint P 700	700x380x580mm	0,1-0,15mm	10-25mm hora
	EOS	Eosint P 730	700x380x580mm	0,12mm	35mm hora
Metal	EOS	Eosint M 270	250x250x215mm	,025-0,1mm	2-20(mm ³ /seg)
Areia	EOS	Eosint S 750	720x380x380mm	0,2mm	2.500(cm ³ /h)

(4) Processo de Extrusão.

Existem diversos processos de prototipagem por modelagem de forma através de materiais fundidos, entre eles: Fused Deposition Modeling-FDM (Stratasys | USA), Multiphase Jet Solidification-MJS (ITP | Alemanha), 3D Plotter (Stratasys | USA), Modelmaker (Solidscape | USA) e Multijet Modeling-MJM (3DSystems | USA). Abaixo apresentaremos os mais difundidos entre eles:

(4.1) Modelagem por deposição de material fundido (FDM- Fused Deposition Modeling)



figura (69) e (70) máquinas de prototipagem rápida Prodigy Plus e Titan
(fonte: Stratasys)

Nesse processo desenvolvido pela Stratasys INC - USA, filamentos de resina termoplástica são estruturados em uma ponta móvel que sobe um plano XY, onde será formada cada camada do sólido a ser modelado. Como a plataforma possui uma temperatura inferior a da resina, essa solidifica rapidamente formando a primeira camada. As demais camadas seguem o mesmo processo uma sobre a outra.

Entre as resinas termoplásticas adequadas para esse processo estão: poliéster, polipropileno, ABS, elastômeros e cera.

Imprime camadas de 0,13 a 0,30 mm, desenvolve protótipos funcionais e analítico em plástico, policarbonato (PC), polifenilsulfone (PPSF), ABS, ABSi e elastômeros.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na Stratasys em abril/2007)

Material	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo
ABS	Stratasys	Prodigy Plus	203x203x305mm	0,17-0,33mm	n/i
ABS e PC	Stratasys	Vantage I	355x254x254mm	0,13-0,33mm	n/i
ABS, ABSi, PC, PC-ABS e PC-ISO	Stratasys	Vantage X	355x254x254mm	0,13-0,33mm	n/i
ABS, ABSi, PC, PC-ABS e PC-ISO	Stratasys	Vantage S	355x254x254mm	0,13-0,33mm	n/i
ABS, ABSi, PC, PC-ABS, PC-ISSO e PPSF	Stratasys	Vantage SE	406x355x406mm	0,13-0,33mm	n/i
ABS, ABSi, PC, PC-ABS, PC-ISSO e PPSF	Stratasys	Titan	406x355x406mm	0,13-0,33mm	n/i

(4.2) Modelador Multijet (MJM – Multi jet Modeling)



figura (71) e (72) máquinas de prototipagem rápida Invision SR e Invision LD
(fonte: 3DSystems)

Esse processo foi desenvolvido pelo MIT e licenciado pela Solidgen Corporation, produzido pela Zcorporation e pela 3D systems, USA. Ele constrói um modelo através de um processo semelhante ao de uma impressora a jato de tinta, só que nesse, o líquido expelido pelas cabeças de impressão é um agente ligante que funde ou aglomera o pó pulverulento depositado na câmara de impressão, formando cada camada. O pó que não foi ligado continua solto na câmara e dá suporte a peça que vai sendo montada camada a camada.

No final do processo a peça formada é sinterizada e separada do restante do pó.

Outros materiais podem ser utilizados para composição das peças como: poliméricos, cerâmicos e metálicos.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na 3Dsystems em abril/2007)

Material	marca	modelos	Dim. Impressão	Camada/Resolução	Tempo
Plástico Acrílico Visijet SR200 e S100	3DSystems	Invision SR	298x185x203mm	328x328x606dpi	n/i
Plástico Acrílico Visijet HR200 e S100	3DSystems	Invision HR	127x178x50mm	686x686x800dpi	n/i
Resina Transparente Visijet LD100	3DSystems	Invision LD	160x210x135mm	0,15mm	n/i

(5) Impressão 3D (3DP – three-dimensional Printing)

Existem diversos processos de prototipagem através da solidificação de pó gerada pela pulverização de conteúdo líquido ligante sobre ele, entre eles podemos citar: Rapid Prototyping System (Z-corporation | USA), Rapid Tooling System (ExtrudeHone | USA) e Direct Shell Production Casting-DSPC (Soligen | USA). Abaixo apresentaremos o mais difundido entre eles:

(5.1) Sistema de prototipagem rápida



figura (73) (74) e (75) máquinas de prototipagem rápida Zprinter 310 plus , Zprinter 450 e spectrum 510 (fonte: Zcorporation)

Esse processo desenvolvido pela Z-corporation, USA. Imprime camadas uma sobre a outra de forma semelhante a uma impressora jato de tinta.

Um líquido colorido é injetado de forma pulverizada em uma mesa contendo pó de celulose através de uma cabeça de impressão, resultando em uma solidificação local. Esse processo é repetido para as camadas seguintes até formar o protótipo completo, que ainda será infiltrado com cera ou resina epóxi para que se torne resistente a estresses mecânicos. O material usado para impressão pode ser: uma massa especial com aditivos, polímero de D-glicose, uma mistura de celulose, fibras e aditivos que permitem gerar moldes para geração de *invest casting*, uma mistura de areia, massa e outros aditivos que podem ser usados para geração de moldes para metais não ferrosos, um tipo especial de elastômero e ainda um tipo especial de Epóxi.

Imprime camadas de 0,089 a 0,20 mm, imprime colorido, apropriado para construção de protótipos para análise de forma e encaixe.

Entre os modelos que usam essa tecnologia podemos citar:

(consulta realizada na Zcorporation em abril/2007)

Material	marca	modelos	Dim. Impressão	camada	Tempo
Composto de massa, plástico e elastomeros	Zcorporation	Zprinter 310Plus	203x254x203mm	0,89-0,20mm	2-4lay/min
	Zcorporation	Zprinter 450	203x254x204mm	0,89-0,10mm	2-4lay/min
	Zcorporation	Spectrum 510	254x356x203mm	0,89-0,20mm	2 lay/min

Como vimos existem diversas técnicas e tecnologias de prototipagem rápida, diversos países como: USA, Alemanha, França, Japão, Cingapura, Israel,... envolvidos no desenvolvimento de tecnologia que possa aprimorar o processo de prototipagem rápida e viabilizar cada vez mais a produção de ferramentas de fabricação e manufatura rápida: através do incremento de qualidade, possibilidades de impressão em novos materiais e diminuição de tempo e custo.

(b) Casos de uso da prototipagem rápida

Apresentaremos agora alguns casos de aplicação da tecnologia da prototipagem rápida, tentando identificar algumas vantagens previstas pela sua utilização dentro do processo de desenvolvimento de produtos.

Como primeiro exemplo, apresentaremos o caso da equipe de design da Alessi's (Itália), que produz design para produtos do lar. Em 1990 o grupo iniciou a transposição do processo de design de 2 para 3 dimensões usando protótipos em plásticos para obter uma visão mais realística das partes complexas que estavam sendo criadas, para dar conta da demanda crescente de produtos desenvolvidos pelo grupo e pela necessidade de processos rápidos de prototipagem. Isso levou o time da Alessi's a procurar uma solução de tecnologia da prototipagem rápida, que pudesse viabilizar essa passagem. Depois de analisar várias tecnologias o grupo optou pela tecnologia da 3Dsystems (Invision SR 3D printer), por produzir protótipos de alta qualidade, superfícies com acabamento final e minuciosos detalhes que se adequaram ao padrão da Alessi's. **Com esse produto em casa a Alessi's criou mais de 600 protótipos completos de seus projetos, apenas nos 9 primeiros meses de uso.**



figura (76) Peças prototipadas de uma cafeteira da Alessi. Figura (77) peças prototipados pela máquina Invision facilitam a comunicação entre os grupo de designers internacionais da Alessi e a fábrica na Itália (fonte: Revista prototype magazine, 2006).

Cristiano Colosio (Gerente de CAD da Alessi's) afirma: “**durante os testes, nos variamos alguns parâmetros e em poucas horas nos temos um novo exemplo da última mudança**”, ele complementa: “A habilidade de colocar um protótipo lado a lado com outros protótipos anteriores e comparar as diferentes versões fazem nosso trabalho muito confortável, pois o controle visual é extremamente importante”.

Mauro Casalino (gerente de modelos e protótipos da Alessi's) diz “**a economia total de tempo, representa mais de 5 a 6 semanas por produto, o que permite acelerar todo o nosso processo e incrementar a eficiência**”, mencionando o aspecto financeiro ele afirma : “**o custo é 70% inferior em relação aos protótipos feitos antes de nos termos a impressora Invision**”.

Outro exemplo que podemos apresentar é o da Black & Decker, líder do Mercado mundial de equipamentos e acessórios para casa. Ela tem utilizado por um longo período e defendido as técnicas de prototipagem como ferramenta para auxiliar a avaliação estética e ergonômica dos produtos, considerando a prototipagem como uma etapa crítica para o sucesso do desenvolvimento deles. **A companhia identificou a necessidade de ser rápido e possuir meios de produção de protótipos dos seus conceitos iniciais, através de uma melhor relação de custo-eficiência**. Por isso optou por utilizar as soluções de prototipagem da Zcorp. Com Zprinter, seus designers podem observar defeitos gerais nos modelos conceituais durante os estágios iniciais do processo de desenvolvimento do design, habilitando eles a ver e sentir os seus produtos e evitar a surpresa de despesas posteriores.



figura (78)(79) protótipos colorido impresso com a tecnologia 3Dprinter da Zcorp de produtos desenvolvidos pela Black & Decker (fonte: Revista prototype magazine, 2006).

Segundo John Reed (especialista *master* em prototipagem da Black & Decker), na companhia funciona um centro de design de protótipos, que produzem os conceitos iniciais e modelos industriais de design usados em avaliações estéticas e ergonômicas. Reed complementa, a construção de modelos conceituais através de técnicas tradicionais passou a ser inadequada por causa do incremento da demanda que excedeu as capacidades desse centro de prototipagem. O que levou a empresa a investir em novas soluções de prototipagem mais simples que as CNC tradicionais. Segundo ele **“as máquinas Zprinter não apenas são mais rápidas, mas também são mais simples de operar,... assim nossos designers tem realmente adotado essa tecnologia e produzido rapidamente mais modelos conceitos que realizavam antes”**.

Já a empresa Prior 2 Lever (P2L), é a primeira no mundo no desenvolvimento de chuteira de futebol sobre encomenda. Ela usa a tecnologia de sinterização a laser da EOS para auxiliar a fabricação de cada sola personalizada. Isso vem se tornando uma marca no mundo do futebol, como uma nova possibilidade de performance em calçados, pela adequação das necessidades biomecânicas individuais.



figura (80) chuteira personalizada de alta performance e conforto desenvolvida de forma personalizada pela P2L's com auxilio da tecnologia de prototipagem rápida da EOS: (fonte: Revista prototype magazine, 2006).

Jane Kyttanen (fundador da Freedom Of Creation FOC - Amsterdam) empresa de design e pesquisa, parceira da P2L e especializada em projetos de fabricação digital afirma: ”eu pessoalmente nunca tinha projetado uma chuteira

de alta performance antes e depois do primeiro encontro eu também percebi que isso é sério. Eles não estão interessados em criar apenas um novo produto, ...mas verdadeiramente o mais apropriado e funcionais pares de sapatos”.

Por esse processo os pés dos atletas são digitalizados para analisar as características do modo de andar. Os resultados desses dados são transformados em CAD para fase de otimização biomecânica, através do design. Depois são produzidas solas em plástico sinterizadas à lazer pela tecnologia da EOS.

Além dos aspectos apresentados nos estudos de casos, sobre o uso da tecnologia da prototipagem rápida, outros autores fazem sua reflexão sobre o uso de protótipos dentro do processo de design.

Para Gibson apud Tseng, Jiao e Su (1998) (u4) (e4) (f3) durante o desenvolvimento de produtos, protótipos físicos são sempre requeridos para uma avaliação iterativa, eles promove um feedback para modificações do design, seleção de alternativas, análise de engenharia, planejamento de fabricação e visualização de produtos. Porém, a construção de protótipos por processos tradicionais, necessitam de um amplo conhecimento técnico, tempo, esforço e custo para serem desenvolvidos.

Isso tem levado empresas, designers e engenheiros a buscarem na prototipagem rápida uma solução para a produção de uma grande quantidade de protótipos de boa qualidade, em um curto espaço de tempo a um baixo custo.

Segundo SAURA e DEDINI (2003), Constata-se hoje o uso cada vez maior na indústria de protótipos elaborados com uso de Prototipagem Rápida, desde o início do processo na cadeia de empresas de desenvolvimento de produto. Elas justificam o uso da prototipagem rápida em relação ao processo convencional (tradicional) de construção de protótipo físico, pela demanda tempo, a grande quantidade de ferramentas necessárias e a necessidade de pessoas com habilidades específicas.

Evans e Campbell (2003) mostram algumas relações de tempo e custo entre o desenvolvimento de um mockup de um cortador de grama, um feito pelo processo tradicional (com uso de pranchas de MDF), outro através da prototipagem rápida (com a tecnologia SLA em nylon) e um protótipo com componentes funcionais (também em SLA em nylon). Os resultados podem ser comparados através do quadro (22) a seguir:

itens	mockup tradicional	mockup por Prototipagem Rápida	Protótipo por prototipagem rápida
Construção manual dos componentes	37 h	3 h	17 h
Acabamento e Pintura	6 h	3 h	4 h
Montagem	4 h	2 h	6 h
Removendo do stepping	n/a	2.5 h	2.5 h
Tempo de construção da prototipagem rápida	n/a	11 h	11 h
Tempo total	47 h	21.5 h	40.5 h
Custo total (custo de material + custo de laboratório)(£)	1,750	1,898	2,768

Quadro (22) relações de tempo e custo entre os processos de prototipagem tradicional e com utilização da prototipagem rápida (fonte: Evans e Campbell, 2003)

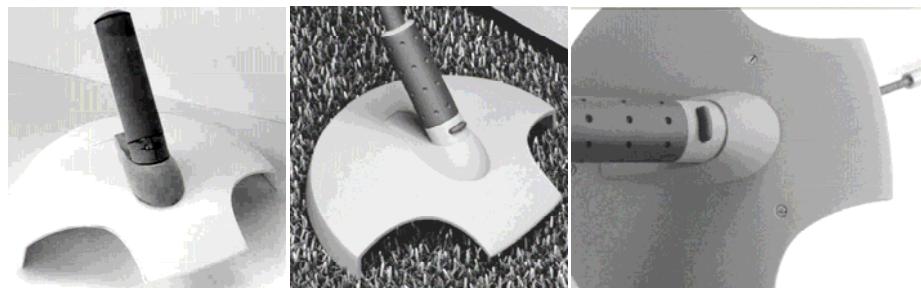


Figura (81) mockup feito pelo processo tradicional em MDF, Figura (82) Mockup feito por prototipagem rápida em nylon e Figura (83) protótipo (com mecanismos funcionais) feito por prototipagem rápida (fonte: Evans e Campbell 2003).

Os resultados de tempo poderiam nos induzir a não utilizar mais mockups físicos tradicionais, porém para proceder tal afirmativa seria melhor analisar cada contexto. A tecnologia de prototipagem rápida ainda não é a melhor solução para todos os casos de desenvolvimento de produtos, levando em conta a diversidade de produtos e contextos, como os de produção artesanal ou semi-industrial, principalmente pela relação do custo com a dimensão de impressão, tecnologia, limitação de materiais e ainda pela carência de mão de obra capacitada.

Nos casos onde tivéssemos as duas tecnologias disponíveis e compatíveis, seria mais coerente reduzir o tempo e custo com a construção, pintura e acabamento dos mockups tradicionais para reduzir o tempo e custo total deles, para continuar justificando a sua utilização. Porém na maioria dos casos poderíamos dispensar a construção dos mockups físicos tradicionais (média fidelidade), partindo diretamente para mockups gerados por prototipagem rápida. Esses poderiam evoluir na continuidade do processo para um protótipo de alta fidelidade (funcional) também a partir da prototipagem rápida, de acordo com as possibilidades de cada equipamento.

Estabeleceremos agora uma relação comparativa entre mockup tradicional e mockup por prototipagem rápida apresentando algumas vantagens, desvantagens e limitações do uso da prototipagem rápida:

Vantagens:

- (1) **Redução de tempo:** Em todos os casos estudados, como apresentado através do estudo Evans e Campbell (2003), observamos uma redução de tempo em todas as situações se comparado com o processo tradicional.
- (2) **Redução de custo:** Na maioria dos casos estudados houve uma redução de custo com uso da prototipagem rápida, em alguns casos, como o de Evans e Campbell (2003), essa redução de custo pode vir de forma indireta pela redução de tempo.
- (3) **Redução do tempo de marketing:** Possibilidade de antecipar a apresentação do produto com as mesmas características finais para promover o marketing, além de acelerar o processo produtivo permitindo que o produto seja comercializado mais rapidamente.
- (4) **Facilidade de atualização:** Por se tratar de um método de prototipagem controlado por dados existentes em softwares CAD, ele conta com as facilidades previstas na atualização do protótipo virtual, podendo ser reimpresso a qualquer momento.
- (5) **Facilidade de comunicação:** Por se tratar de um método de prototipagem controlado por dados existentes em softwares CAD, ou seja, em formato digital, esse pode ser enviado facilmente por meios digitais como: internet. Para ser prototipado ou produzido em qualquer outro local que possua um sistema compatível.

Desvantagens:

- (1) **Limite de impressão:** a maioria das máquinas comerciais de prototipagem rápida trabalha em um limite dimensional de 500 mm. Isso faz com que protótipos maiores tenham que ser impressos em partes, o que dificulta o processo de prototipagem.
- (2) **Custo:** As maiores máquinas de prototipagem rápida custam em média U\$200.000 e as menores destinadas à fase de geração de mockups ou modelos de concepção em média U\$30.000. O que ainda impede que algumas micro-empresas possam se beneficiar dessa tecnologia.

Limitações:

- (1) **Tempo de impressão em alta qualidade:** Em alguns casos, produtos com qualidade final podem necessitar de uma impressão e acabamento final com alta definição, ou seja, com camada finas, o que aumenta o tempo de impressão. Em alguns casos, como o citado no

estudo de Evans e Campbell (2003) esse tempo pode se aproximar muito do tempo de prototipagem tradicional de acordo com o método e tecnologia utilizada.

(2) Materiais: Nem todos os materiais estão disponíveis através das tecnologias de impressão, o que em alguns casos, limita a produção de protótipos de alta fidelidade para realização de testes funcionais, colocação do produto em situações reais de uso ou produção em pequena escala através de manufatura rápida.

Dessa forma, a partir dos dados apresentados, entendemos que no final caberá ao designer analisar cada contexto para definir, dentro das opções, a que será mais adequada a cada situação. Como a tecnologia da prototipagem rápida evolui a passos largos, acreditamos que as desvantagens e limitações aqui apresentadas possivelmente em breve serão solucionadas, viabilizando cada vez mais o emprego dessa “maravilhosa” tecnologia.

(2) protótipos para produtos digitais:

Para Buskirk e Moroney (2003) a prototipagem é um excelente caminho para projetar uma interface do usuário, incluindo layout de tela, controles, e outras características gráficas de interfaces dos usuários (GUI).

Segundo Newman e Landay (2000) Web e software designers fazem protótipos usando mais de uma técnica, passando de um método mais resumido ou específico (simplificado) para um mais amplo ou técnico (de produção) a medida que design avança para o final.

Para Walker, Takayama e Landay (2002) **(u5) (e5) (f4) protótipos de interface de web ou softwares de alta-fidelidade são feitos com o mesmo método do produto final, por isso eles possuem a mesma técnica de interação e a mesma aparência do produto final** e consequente serão mais caras e irá requerer mais tempo para serem produzidas do que um protótipo de baixa fidelidade.

Para os autores, os protótipos de uma interface podem variar nas fases de design e desenvolvimento, desde um protótipo de baixa fidelidade de uma interface do usuário (*low fidelity*), desenvolvido com lápis e papel, até um protótipo funcional de alta fidelidade (*hi fidelity*).

Um protótipo de alta-fidelidade de uma interface ou software, inclui um sistema totalmente funcional que permitirá antecipar e avaliar interações entre o sistema e usuários. Para isso, ferramentas como Microsoft Visual Basic, Borland Delph, IBM WEBSphere, Studio Homepage Builder, Microsoft Frontpage, entre outros, podem ser utilizadas para estruturar esse sistema funcional do protótipo.

Galitz (2002) exemplifica um sistema chamado de “*Prototype-oriented languages*” que poderia ser traduzido como “protótipo orientado a linguagem”. Nesse caso, se referindo a linguagem de programação, que será reproduzida na forma final. Para nosso estudo, esse seria um protótipo de alta fidelidade. Para o autor (u6) (e6) (f5) **além de reproduzir o sistema totalmente funcional, também prevê a utilização de telas e caixa de diálogo com aspecto e acabamento final, total ou das partes do sistema que precisam ser testadas.**

Embora os modelos iniciais de interfaces sejam entendidos a não terem um aspecto visual final, por que isso pode inibir sugestões e alterações através da equipe e dos usuários, e tirar o foco de atenção, por exemplo, no desenvolvimento do sistema, normalmente os protótipos de alta fidelidade são entendidos a terem esse aspecto visual fielmente representado (*look and feel*), pois esses serão importantes para avaliações finais de usabilidade com clientes, usuários e para o início do trabalho de venda e marketing.

Utilização no processo de design

Nam e Gill (2001) afirmam em seu estudo, que devemos construir e utilizar efetivamente protótipos totalmente funcionais, pois eles possuem a habilidade de promover rapidamente uma vasta exploração de detalhes do contexto de uso e das interações com usuários. No estudo, o método de prototipagem se mostra também como uma eficiente ferramenta de integração entre profissionais de áreas distintas como: engenharia, ergonomia e design, que a partir de um processo colaborativo em torno dos protótipos funcionais unem e comungam suas competências para uma eficaz configuração de um produto.

Para Galitz (2002) o desenvolvimento de protótipos e testes de interfaces rapidamente identifica problemas e permite desenvolver soluções. Para o autor as *guidelines* não conseguem prever todos os problemas durante um processo de design, por isso, protótipos e teste devem ser usados em todos os estágios de desenvolvimento para detectar todos os possíveis defeitos antes do produto ser lançado.

Produtos lançados com problema no mercado podem prejudicar a imagem da empresa e gerar um grande prejuízo financeiro, pois uma modificação em um sistema depois dele ter sido comercializado, normalmente sai caro e em alguns casos é difícil de ser realizado.

(3) protótipos para produtos gráficos:

Um protótipo de alta fidelidade no design gráfico pode ser definido como, uma prova física do projeto gráfico ou pré-impressão em qualidade final. Uma das finalidades dessa pré-impressão é comprovar o resultado do design com a equipe, avaliar o design junto aos usuários ou aprovar junto ao cliente. Isso antes de rodar a peça gráfica em série. Sendo assim, a qualidade estética e o material de impressão devem ser iguais ou bem aproximados ao que será utilizado no produto final, porém ele não necessita ser impresso através do mesmo processo produtivo, como o realizado por máquinas de gráficas e editoras, pois dessa forma, passaria a ser classificado como piloto.

Os produtos gráficos contam hoje com uma importante ajuda, a possibilidade de prototipar a maioria dos projetos gráficos através de micros computadores e impressoras pessoais. Se voltarmos no tempo, antes da popularização desses equipamentos, os designers se utilizavam de recursos bastante artesanais para produzir suas idéias, ou seja, se já era difícil produzir o produto gráfico final, imagine só como era pouco viável desenvolver protótipos para avaliar essas idéias.

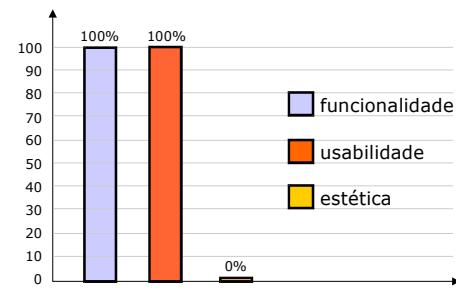
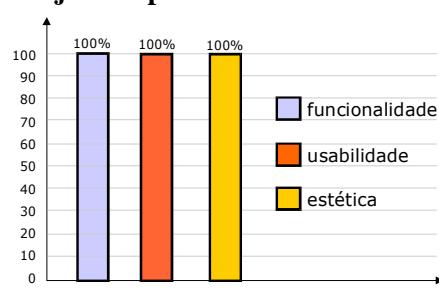
Dessa forma, podemos entender que a facilidade de prototipar fisicamente as idéias, através das novas tecnologias, favoreceu os designers gráficos desenvolverem versões interativas de seus projetos com a finalidade de avaliação, antes de se gerar o produto final. Isso possivelmente contribuiu para a melhoria do material gráfico produzido, pelo simples fato de poder comprovar a sua eficiência e aceitação, antes de rodar o produto final em série.

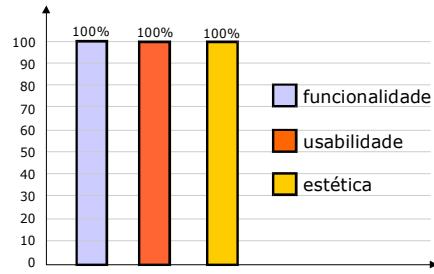
Entre os softwares mais utilizados para o desenvolvimento de protótipos de produtos gráficos através da computação gráfica, podemos citar: Adobe Photoshop, Illustrator, InDesign, Free Hand e Pagemaker, Quark Xpress, Corel Draw e Microsoft Word.

Níveis de Comunicação

A partir da definição dos autores temos os seguintes níveis de comunicação para cada canal (usabilidade(u), funcionalidade(f) e estética(e)):

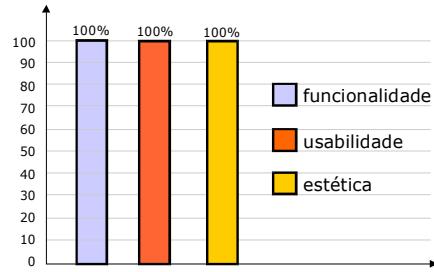
Projeto de produtos





Choi e Samavedam (2001) (u3)(e3)(f2) Gibson apud Tseng, Jiao e Su (1998)
(u4) (e4) (f3)

Produtos digitais



Walker, Takayama e Landay (2002) (u5)(e5)(f4) Galitz (2002) (u6) (e6) (f5)

Como resultado final, temos o seguinte gráfico do nível de comunicação atendido pelos **protótipos de alta fidelidade** :

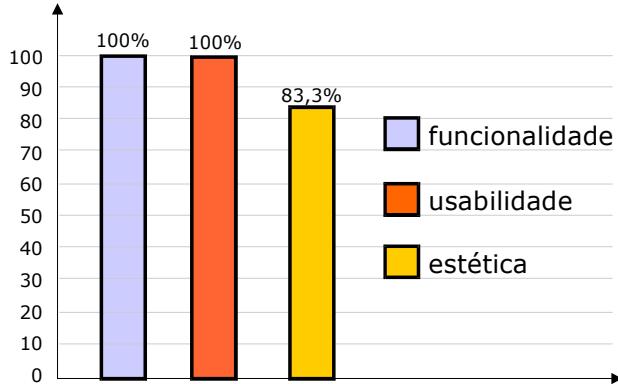


Gráfico (13) níveis de comunicação dos **protótipos de alta fidelidade**

12 Piloto

Tradicionalmente temos definido **piloto** como, a primeira amostra de produção de um produto que será fabricado em série, relacionando isso a uma grande quantidade de exemplares produzidos em uma linha de produção. Porém com as novas tecnologias de **manufatura rápida (RM)** esse conceito deve ser ampliado, pois além da possibilidade de fabricação de um baixo volume de exemplares de um produto, já previsto para essa tecnologia, vem se tornando viável produzir produtos em médio e alto volume de exemplares.

Segundo Hopkinson e Dickens (2001) a idéia de usar máquinas de prototipagem rápida (RP) através das técnicas de manufatura por camadas (LMT's) para produzir um médio ou alto volume de exemplares, inicialmente inreal pelo ciclo de tempo, custo de material, e equipamentos, está passando a ser apreciada pelo custo zero na produção de ferramentas de produção (como moldes), redução de tempo de execução do primeiro exemplar, ganho na liberdade de design e possibilidade de programação da produção.

Como exemplo desse paradigma, podemos citar o caso do avião invisível P-175, apelidado de “Polecat”, desenvolvido pela empresa de aviação americana Lockheed Martin. Ele foi iniciado em 2003 e em apenas 18 meses estava concluído. O avião foi prototipado em tamanho real a partir de um modelo computadorizado 3D, camada a camada, através da tecnologia de prototipagem rápida da Skunk Works. Segundo a empresa, a aeronave teve um custo inferior as demais construídas pelo grupo.



Figura (84) avião desenvolvido em tamanho real a partir da tecnologia de prototipagem rápida (fonte: www.lockheedmartin.com)

Para dar outro exemplo, podemos falar da produção de sistemas inovadores de troca de machas de carros conceitos desenvolvidos pela Volkswagen. O time de design tem utilizado o mais recente tecnologia de sinterização direta de metal à laser (DMLS) da EOS (EOSINT M270). De acordo com o chefe do setor de design da Volkswagen Norte americana, Derek Jenkins, “se não existisse essa tecnologia da EOS, nos teríamos que jogar fora o design e partir para um sistema de macha feito de uma vareta e uma maçaneta, que teria menos impacto”. Para ele “EOS é a única opção que nós

vemos”. Ele complementa, “Sem essa tecnologia nossos designers seriam forçados, mesmo que limitados através do que às tecnologias tradicionais de fabricação poderiam produzir”.



figura (85) sistema inovador de troca de marcha desenvolvido pela Volkswagen auxiliado pela tecnologia da EOS de impressão direta através de sinterização de metal (fonte: Revista prototype magazine, 2006).

Para o futuro Jenkins diz: “com essa tecnologia, daqui a dez anos, qualquer pessoa estará fazendo partes moldadas por injeção”. Ele acredita que a indústria está se movendo para a fabricação rápida, flexível e com eficiente custo de produção diretamente através de dados de CAD. Ele termina dizendo “eu acredito que a tecnologia irá progredir de prototipagem de ferramenta para o processo de manufatura”.

As novas tecnologias de CAD/CAM, prototipagem rápida (RP), manufatura rápida (RM), ferramenta Rápida (RT) e as máquinas de controle numérico (CNC), estão contribuindo para diminuir a distância entre o design e a fabricação, a partir do momento que facilita e agiliza a produção de pilotos.

Estudos realizados por Wainwright (1995) ilustram como as novas ferramentas CAD (modelos 3D, geração de informações de fabricação através do processo de CAM, transmissão de dados de CAM para máquinas CNC) passam a ser um elemento vital para a infra-estrutura de design. Nele o autor apresenta que elas podem contribuir para acelerar em 50% o processo de design e tornar o processo de conversão do design para a manufatura até 3 vezes mais rápido se comparado com as ferramentas tradicionais.

Os pilotos, segundo Ullman (1997), permitem avaliar parâmetros ou falhas no processo produtivo ou características do produto final como: fabricação, montagem, comportamento e custo,.... O piloto só se diferencia do protótipo de alta fidelidade (apresentado anteriormente), por ser desenvolvido através do mesmo processo e através do mesmo equipamento que será desenvolvido toda a linha de produtos em série.

Para Grinover et al (1981) nos protótipo (de alta fidelidade) devem ser corrigidas todas as falhas constatadas no desempenho previsto para o produto. Essas correções são transferidas para o projeto de pré-fabricação, gerando assim o projeto de produção industrial, a partir do qual serão especificados todos os materiais e executadas todas as ferramentas para a produção industrial seriada. Para o Autor nesse ponto praticamente termina o trabalho do designer.

Na nossa visão o trabalho do designer deve prosseguir na fase seguinte, a do desenvolvimento do piloto de produção, pois, embora não seja desejado, nessa fase ainda é possível se detectar falhas que poderiam ser corrigidas no projeto final e que poderiam aumentar a qualidade e o desempenho produtivo antes da produção em série iniciar. Dessa forma acreditamos que a participação do designer nessa fase, de forma interdisciplinar, possa ser de grande contribuição.

Ao desenvolvermos um piloto, ou protótipo de produção, em chão de fábrica, usando as mesmas máquinas que serão usadas para o desenvolvimento do produto final, temos a possibilidade de avaliar tempo e custo, através do fluxo do produto na produção, tempo em cada fase e em cada máquina, mão de obra necessária, quantidade de material gasto,...

Como exemplo prático da criação de um piloto, vamos apresentar um projeto desenvolvido por alunos do curso de design da UFPE para uma fábrica de brinquedos educativos em madeira em Gravatá-PE (Art Gravatá www.artgravata.com.br). O projeto seguiu as seguintes etapas projetuais:

(1) Na **fase de contextualização e conceitualização** foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- levantamento de dados, análise de similares, estudo da viabilidade tecnológica (na própria fábrica) e levantamento em campo da necessidade do mercado (através de entrevistas com usuários e profissionais de diversas áreas : educadores, profissionais da área de saúde, psicólogos e agentes sociais).
- Foram definidos os requerimentos projetuais e os primeiros conceitos foram desenvolvidos a partir de técnicas de criatividade como: geração de alternativas, *brainstorms*, método 635, caixa morfológica,... Nessa fase os conceitos foram desenvolvidos através de: sketches e mockups físicos de baixa fidelidade. Posteriormente eles foram avaliados através de *checklists* e análise com especialistas.

(2) Na **fase de desenvolvimento** foram realizadas as seguintes atividades:

- Desenvolvimento dos conceitos selecionados através de ciclos iterativos com uso de mockups físicos de média fidelidade.

- Desenvolvimento de protótipos virtuais.
- Avaliação com especialistas com uso de mockups de média fidelidade. antes da definição da alternativa final do produto.
- Desenvolvimento de prancha técnicas e renderings

(3) Na **fase de realização** foram desenvolvidas as seguintes atividades:

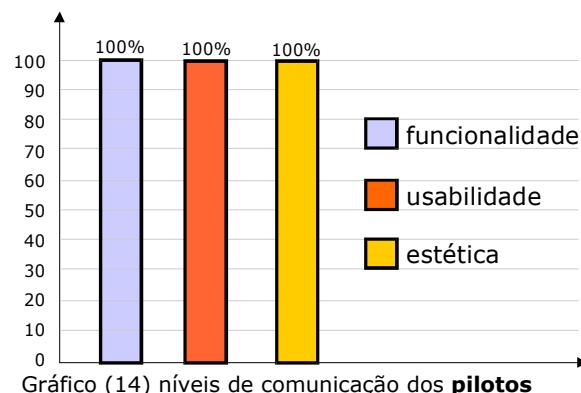
- Desenvolvimento de protótipos que foram utilizados para avaliação com usuários no contexto real de uso.
- Entrevista com os usuários (crianças, alunos e profissionais).
- Desenvolvimento do **piloto** na linha de produção da Art Gravatá para avaliação da viabilidade, qualidade, tempo e custo final dos produtos. Essa fase é importante para que eles possam ser posteriormente comercializados acrescentando a margem de lucro da empresa.



Figura (86) alguns pilotos feitos por alunos de design da UFPE

Níveis de Comunicação

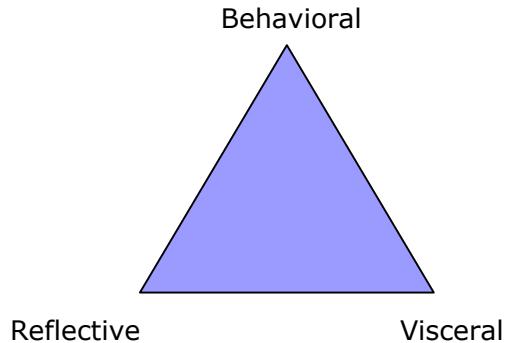
Ao considerarmos o piloto de um produto com todas características de um produto final, incluindo a sua origem fabril, se tratando de um produto gerado a partir do mesmo processo produtivo, acreditamos não ser necessário realizar uma pesquisa sobre os níveis comunicativos (estética, usabilidade e funcionalidade), definidos nos demais níveis de fidelidade dos protótipos nesse capítulo. Dessa forma atribuiremos os níveis máximos de fidelidade (100%) a cada um dos canais apresentados.



3.5. Classificação dos protótipos

3.5.1 Níveis de comunicação

Donald Norman (2004) define que existem 3 níveis de relação com os artefatos do design: *Visceral, Behavioral e Reflective*.



Quadro (23) níveis de design de Donald Norman (fonte: Norman, 2004).

O **nível visceral** está relacionado a questões diretamente ligadas ao biológico e ao ambiente natural (as plantas, humanos, animais, paisagens,...). Nele existe uma forte influência de questões emocionais, atração natural, busca pelo belo, simetrias, cores, aparências, o tátil, o cheiro, a textura,... onde as questões culturais exercem uma influência decisiva e as características físicas como: o som, o olhar , o sentimento tem posição de destaque. Para atender esse nível, designers precisam estar atentos a questões relacionadas à apresentação, a recepção e ao emocional do usuário e isso requer do design o domínio de diversos níveis de conhecimentos como: áudio-visuais , plásticos e artísticos.

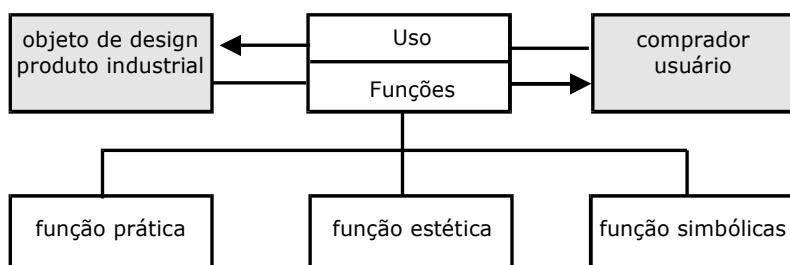
O **nível Behavioral** refere-se diretamente ao uso. Nesse nível a performance tem posição de destaque e os aspectos de design referentes a funcionalidade, compreensão, usabilidade, conforto físico, a atividade e a prática serão focados.

O nível de **design Reflective** refere-se diretamente a mensagem, a cultura, ao significado das coisas, do uso ou do que ele provoca na memória ou na lembrança nas pessoas.

Para Schrage (1996); protótipos são desenvolvidos para responder questões. A quantidade e a espécie de questão que gera o protótipo é o coração da cultura de prototipagem. Diferentes questões podem requerer diferentes tipos de protótipos. Sendo assim, conhecer o que se pretende compreender, explorar, avaliar ou comunicar e saber que tipo de protótipo pode responder a questão levantada é a chave do processo de prototipagem.

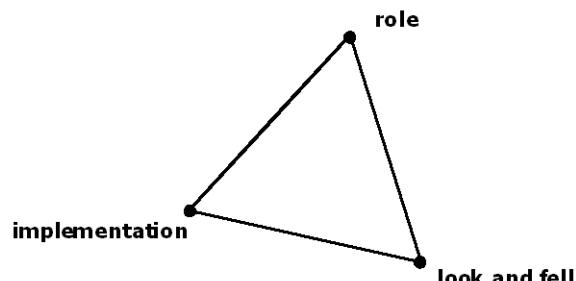
Snyder (2003) no que refere a uma interface, relaciona **Look** com as questões de layout de tela, gráfico, textos, e **Feel** em relação ao processamento e comportamento.

Segundo Lobach (2001), existem 3 funções básicas aos quais os produtos devem atender: (1) função Práticas, que são relacionadas aos aspectos fisiológico de uso, (2) Funções Estéticas, relacionadas a aspectos psicológicos da percepção sensorial e (3) funções simbólicas, determinados por fatores psíquicos, espirituais e sociais de uso.



Quadro (24) classificação das funções dos produtos (fonte: Loback, 2001).

Houde & Hill (2004) definem 3 classes de questões relativas ao design no momento de interação: **Role** (questões referentes ao uso e a utilidade para usuários), **implementation** (questões referentes às funções técnicas do produto ou sistema) e **look and feel** (questões “experienciais”, estético-formais e simbólicas).



Quadro (25) modelo do que o protótipo comunica (fonte: Hould and Hill, 2004).

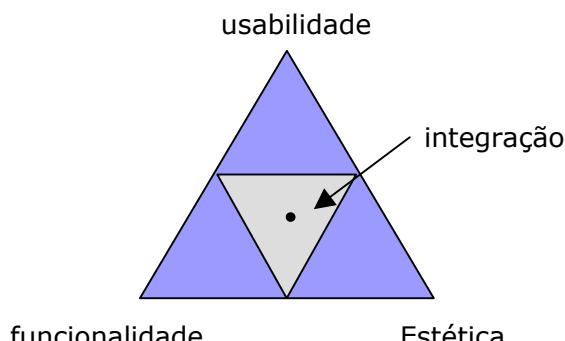
Nos modelos apresentados vemos uma ênfase na análise e classificação dos produtos baseadas na estética, no simbolismo, e em questões referentes ao uso. A funcionalidade dos sistemas e produtos, ou seja, a eficiência, durabilidade, resistência, tecnologias, materiais e processos produtivos,... como funções dos produtos por si só, são pouco destacadas.

Para o propósito de nosso estudo, adaptaremos os níveis de interações proposto por Houde e Hill, acrescentando os aspectos de funcionalidade dos produtos, pois acreditamos que esses se apresentam como os aspectos mais salientes de um produto durante a fase de desenvolvimento do design, além de serem bem evidenciados através da classificação proposta pela German

Association of Industrial Designers and Stylists (*VDID – Verband der Deutschen Industrie Designer*) e German Counsel for Styling (ver item 3.2).

Sendo assim trataremos a análise dos protótipos durante o processo de desenvolvimento de design a partir dos seguintes canais de comunicações:

- **questões de usabilidade** > É a interface entre o produto e usuário sobre o aspecto do uso, dando o senso de usabilidade, proporções,.. Possui relação direta com o contexto de uso e com os procedimentos realizados por usuários na execução de uma tarefa.
- **questões funcionais** > habilita o design a operar com mecanismos, elementos funcionais e a avaliar as novas tecnologias dos produtos. Tem relação direta com o sistema e suas características técnicas, tecnológicas e funcionais.
- **questões estéticas** > Permite comunicar a aparência do design. A imagem concreta de como será o produto. Com ele desejamos verificar as sensações referentes ao olhar e ao sentir, aspectos relacionados ao emocional da interação.



Quadro (26) níveis de comunicação dos protótipos

Nível de Integração

É definido através da quantidade de características que se pretendem comunicar em um único protótipo (estética /funcionalidade /usabilidade).

Protótipos que explorem apenas 1 grupo de características do produto final, ou seja, se posicionem sob um dos pólos apenas, chamaremos de **protótipos de baixa integração**, protótipos que integrem 2 grupos de características chamaremos de **protótipos de média integração** e os que integrem os 3 grupos de características de **protótipos de alta integração**.

Protótipos de alta integração são utilizados para apresentação integrada de todos os aspectos do design. Esses são utilizados como forma de aproximação máxima do produto final para uma audiência específica.

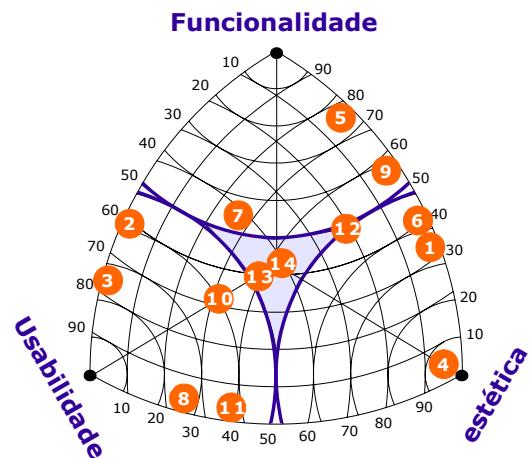
Teoricamente eles consomem mais tempo e são mais custosos, embora essa visão hoje precise ser revista com a inserção de novas tecnologias de prototipagem.

protótipo x nível de comunicação

A partir dos gráficos gerados nos níveis de comunicação de cada protótipo (ver item 3.2), podemos criar um novo gráfico que permita visualizar e compreender o posicionamento de cada tipo de protótipo em relação aos 3 níveis de comunicação apresentados.

No gráfico a maior proximidade dos pólos indica também um maior atendimento do protótipo a um determinado nível de comunicação. Uma maior proximidade do ponto médio da curva que liga os 2 pólos representa uma maior integração entre os níveis de comunicação conectados e uma maior aproximação do centro (região colorida em azul) uma maior integração com todos os pólos, ou seja, protótipos que permitem avaliar os 3 níveis de comunicação: funcionalidade, usabilidade e estética.

- 1 Sketch
- 2 Storyboard
- 3 Protótipo de papel
- 4 Rendering
- 5 Animação
- 6 Modelo
- 7 Façade
- 8 Wizard of Oz
- 9 Protótipo virtual apreciativo
- 10 Protótipo virtual imersivo
- 11 Mockup Físico
- 12 Mockup digital
- 13 Protótipo de alta fidelidade
- 14 Piloto



Quadro (27) classificação dos protótipos de acordo com peso de cada os níveis de comunicação

A partir desse gráfico, onde os pólos funcionam como pesos, podemos visualizar o posicionamento de cada protótipo em relação aos 3 níveis de comunicação estudados. O conhecimento desse aspecto comunicativo dos protótipos contribuirá com o nosso “modelo de auxílio”, pois permitirá classificar os protótipos que tenham a capacidade de atender a cada um dos níveis comunicativos que desejamos compreender, avaliar, explorar ou comunicar.

3.52 Áreas de aplicação em design:

- **Design de Produto** - É a área design que envolve o desenvolvimento de produtos tridimensionais como: design de mobiliário, design de jóias, produtos de moda, design de equipamentos eletro-eletrônico, design automotivo, design de interiores...
- **Design Gráfico** – É a área do design que envolve produtos gráficos, design editorial, design corporativo, identidade visual, design tipográfico, design de embalagens, design de superfícies,...
- **Design Digital** – É a área do design responsável pela elaboração de artefatos digitais como: design de interfaces, *web design*, *game design*, software design.

Baseado em exemplos de utilização de protótipos encontrados em nosso estudo, podemos definir a área do design onde cada tipo de protótipo pode ser utilizado. O quadro (28) abaixo cria essa relação entre os protótipos e as 3 principais áreas de estudo e aplicação do design:

tipos	Produto	Gráfico	Digital
sketch			
storyboard			
protótipo de papel			
mockup físico (baixa fidelidade)			
rendering			
animação			
modelo			
façade (não evolucionário)			
façade (evolucionário)			
wizard of oz			
protótipo virtual apreciativo			
mockup digital			
mockup físico (media fidelidade)			
protótipo virtual imersivo			
protótipo de alta fidelidade			
piloto			

Quadro (28) classificação dos protótipos de acordo com a área de aplicação do design

O conhecimento dessa possibilidade de aplicação de um protótipo a uma determinada área, nos permite filtrar quais protótipos podem ser utilizados para cada caso de aplicação do design. Esse aspecto também contribuirá com o nosso “modelo de auxílio”, pois irá selecionar apenas os protótipos que atenda a uma área desejada.

3.53. Níveis de Fidelidade

Através dos capítulos anteriores e fontes consultadas temos visto e apresentado diversas propostas classificatórias para os tipos de prototipagem: (Snyder,2003)(Ullman) (Hold and Hill) (Rudd, Stern e Isensee) (Rogers, Sharp e Preece) citam os protótipos de baixa e alta fidelidade ou *low and hi-fidelity*. (Hold and Hill) cita protótipos para diferentes audiências. (Snyder) protótipos interativos e não interativos, (Buchenau e Suri) protótipos passivos e ativos, (Landay e Myers, 1995)(Wilson e Rosenberg, 1988) (Righetti, 2005) protótipos *top down* e *bottom up*.

A partir da análise dessas diversas taxonomias, escolhemos o modelo que classifica os protótipos baseados em sua fidelidade, por ser o modo mais citado nas referências consultadas e por ser o mais adequado aos propósitos de nosso estudo. Acreditamos que ele permite uma melhor associação entre os tipos de prototipagem e as fases, estágios e propósitos que influenciam a sua escolha durante o processo de design. Esses itens irão compor os parâmetros estruturais de nosso “modelo de auxílio”, que será proposto no **capítulo 4**.

Alguns autores debatem sobre a classificação de baixa e alta fidelidade dos protótipos e a sua influência na eficiência do processo de design.

- **Protótipos de baixa fidelidade**

Para Rudd, Stern e Isensee (1996) *Protótipos de baixa fidelidade(1) são protótipos com limitações de funções e interação, construídos para descrever conceitos, alternativas de design ou layouts de tela*. Dessa forma, não seria um modelo ideal para realização de interação entre usuários e sistema, como: treinamento e testes, pois possuem pouca ou nenhuma funcionalidade. Nele existe pouco detalhe da operacionalidade do sistema, sendo naturalmente indicado para as fases iniciais de design pelo seu baixo custo e grande facilidade de produção. Através deles podemos analisar aspectos referentes ao olhar e ao sentimento (*look and feel*) como: comunicar, informar e educar. Se adequam a essa classificação os: storyboards, sketches, protótipos de papel e os demais protótipos de prova, compatíveis com a sua definição.

Para Tullis (1990), *a fidelidade do protótipo (2) é julgada pela aparência que ele é visto pelas pessoas e não pela similaridade com a atual aplicação*. Em outras palavras não seriam os códigos ou funções inerentes ao sistema e sim os aspectos tangíveis como aparência e interação.

Analizando as duas definições podemos perceber que a (1) tem a visão de um especialista ao passo que a (2) a visão de um usuário. Isso trás um ponto importante para a discussão. Como o protótipo é percebido no momento da

interação com a audiência e o que está sendo avaliado nessa interação? Isso indica uma necessidade de preparação da audiência para a realização da fase de avaliação, de qualquer forma, em ambas as definições fica evidente que o protótipo não opera por si próprio, ele necessita de um facilitador ou intermediador para que possa ser realizada uma avaliação com audiência.

Para Rogers, Sharp e Preece (1992), a prototipagem de baixa fidelidade não faz um vistoso representante do produto final, pois utiliza materiais muito diferentes do que será a versão final, mas que conseguem ser simples, rápidos e baratos de se produzir e de se modificar. Como exemplo, podemos citar o caso de Jeff Hawkin, que para apresentar a sua idéia de um *Palmtop* desenvolveu um protótipo em madeira, com o mesmo tamanho e forma do que imaginava como produto final e ainda o caso de Ehn and Kyng (1991) que reporta o uso de um protótipo 3D feito em cartão, para apresentar a sua idéia de “Desktop Laser Print” a usuários, tipógrafos e jornalistas.

Avrahami e Hudson (2002) evidência que protótipos de baixa fidelidade são mais apropriados para procurar a origem de conceitos de design.

Para as autoras os protótipos de baixa fidelidade seriam utilizados no processo de design apenas com a finalidade **exploratória** (como descrito no item 5.8), não sendo utilizado para compor o produto final.

Podemos relatar as vantagens e desvantagens da utilização desse método no processo de design.

Vantagens

- (1) Pode ser um eficiente meio de comunicação e articulação de requerimentos entre designers, desenvolvedores, fornecedores, clientes e usuários finais, nas fases iniciais de desenvolvimento do projeto.
- (2) O protótipo pode ser articulador para o estabelecimento de uma linguagem comum entre os membros.
- (3) Pode ser desenvolvido nas fases iniciais sem grande custo e consumo de tempo.
- (4) Pode ser aplicado ou desenvolvido praticamente em qualquer ambiente, sem a necessidade de equipamentos especiais.
- (5) Apresenta grande potencial de feedback entre os usuários e nos encontros de avaliação de design.
- (6) Os dados obtidos com os protótipos de baixa fidelidade podem ser reutilizados de forma integrada com os requerimentos bases para estruturar os protótipos de alta fidelidade.
- (7) Permite avaliar múltiplos conceitos de design.

Desvantagens

- (1) Através dessa classe de protótipos não é possível avaliar todos os aspectos de modo eficiente, principalmente aspectos referentes a funcionalidade e interatividade com o sistema. Fazendo com que importantes decisões possam ser feitas de forma negligente.
- (2) São utilizados frequentemente por usuários, que possuem naturalmente dificuldade de perceber inconsistências e deficiências no sistema.

Empregabilidade

Os protótipos de baixa fidelidade são recomendados para identificar requerimentos de mercado e dos usuários, gerar idéias, planificar a estrutura funcional e de navegação de uma interface, investigar conceitos iniciais de design, possibilitar executar e avaliar algumas funções qualitativas através de tarefas com usuários em *focus group* e entrevistas.

- **Protótipos de alta fidelidade**

Possui um compromisso maior com a precisão da representação do produto final que será implementado, do que com a facilidade, custo ou tempo bastante considerados nos protótipos de baixa fidelidade. A intenção é fazer com que usuários não percebam diferença entre o protótipo e o produto final. Produtos mais complexos, podem ser decompostos em subsistemas que podem ser prototipados individualmente, com alta fidelidade, para que esse possa ser avaliada funcionalidade separadamente. Dessa forma podemos definir o protótipo de alta fidelidade como sendo *a representação fiel do produto ou de algumas funções dos produtos, passíveis de serem utilizadas para testes e avaliação funcional com uma audiência, sem a dependência de um intermediador (1)*.

Para Rogers, Shape e Preece (2002) esse tipo de protótipo deverá usar materiais e acabamento semelhantes ao do produto final. No caso de software usará ferramentas que permitam o sistema atingir a funcionalidade aproximada do sistema final.

Vantagens

- (1) Através desse tipo de protótipo podemos conduzir testes de usabilidade que permitirão assegurar que o produto poderá seguir adiante para a fase final. Esses testes permitem avaliar com antecedência a funcionalidade do sistema e os demais aspectos, através testes de construção e usabilidade, *helps, art design* e documentação.

- (2) O protótipo de alta fidelidade assume um importante papel de facilitador de comunicação entre designers e desenvolvedores, que puderam através do protótipo ter uma visualização funcional e compreensão fiel do sistema que eles deverão implementar, o que muitas vezes se torna uma tarefa difícil através de protótipos de baixa fidelidade.
- (3) Para Rudd, Stern e Isensee (1996) Protótipo de alta fidelidade pode ser uma ampla ferramenta de marketing e vendas, permitindo a entrada antecipada dos clientes, que poderão passar a utilizar o sistema para apresentar seus produtos e que a partir dele poderá dar um importante feedback de uso. Esses protótipos permitem incorporar rapidamente o feedback de uso ao sistema que poderão ser atualizados e colocados em condições de uso para novas avaliações.

Desvantagens

- (1) Normalmente demandam uma maior quantidade de tempo e custo para serem desenvolvidos
- (2) Requer conhecimentos específicos para a sua implementação, como por exemplo, o domínio de ferramentas de programação.
- (3) Clientes a partir do uso desses protótipos solicitam a entrega imediata do produto, por visualizar esse como o produto final acabado, o que pode gerar problemas no processo de design.
- (4) Em alguns casos, a construção do protótipo funcional pode desencorajar a implementação de pequenas mudanças de problemas detectados, por acomodação do time de desenvolvimento ou pela necessidade de cumprimento de prazos e custos previstos.
- (5) Protótipos de alta fidelidade não se apresentam como opção apropriada para se gerar alternativas conceituais de design, normalmente se recomenda a construção de no máximo 2 ou 3 por projeto.

Empregabilidade

Permite criar protótipos de alta fidelidade. Geram interfaces vivas ou funcionais que fornecem especificações e informações aos atores do processo e podem ser utilizadas para ilustrar a documentação do produto, antecipam avaliações técnicas com o público e contexto real de uso.

Rudd, Stern e Isensee (1996) apresentam no quadro (29) a seguir, a relação entre protótipos de alta e baixa fidelidade.

tipo	Vantagens	Desvantagens
Protótipo de baixa fidelidade	Baixo custo de desenvolvimento	Checagem limitada de erros
	Avalia muitos conceitos de design	Detalhamento pobre da programação do sistema
	Método proveitoso de comunicação	Necessidade de um facilitador
	Destinado a navegação no layout de tela	Pouca utilidade depois que os requerimentos estão estabelecidos
	Útil para identificar requerimentos do mercado	Limitado para testes de usabilidade
	Prova de um conceito	Limitações para fluxos e navegação
	Permite reproduzir características de interfaces	
Protótipo de alta fidelidade	Completa funcionalidade	Mais custoso para se desenvolver
	Totalmente interativo	Consume mais tempo para se criar
	Dirigido pelo usuário	Ineficiente para produzir conceitos iniciais de design
	Define claramente o esquema de navegação	
	Pode ser usado para exploração e testes	Não efetivo para recolher requerimentos
	Permite ver e sentir o produto final	
	Serve como uma especificação consistente	
Serve como Ferramenta de marketing e vendas		

Quadro (29) relação entre protótipos de baixa e alta fidelidade (fonte: Rudd, Stern e Isensee, 1996)

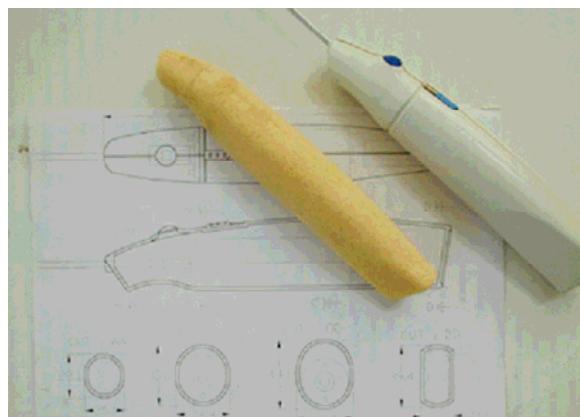
Protótipos que se aproximam do pólo de baixa fidelidade são recomendados para avaliações qualitativas de design, por promover o sistema de design participativo e por facilitar um rápido feedback do pensamento dos usuários, no momento de interação com o sistema, e isso abre um amplo campo para produção de novas idéias. Esses podem ser utilizados de forma eficiente em conjunto com métodos introspectivos, de observação direta, avaliação heurística, entrevista, questionário aberto,... em contrapartida, os protótipos que se aproximam do pólo oposto, de alta fidelidade, são mais habilitados para a avaliações quantitativas, como tempo para realização de uma tarefa a partir de um usuário ou quantidade de erros durante a sua realização, ou seja, avaliar as relações entre as reações do sistema a partir das ações dos usuários.

Nas imagens abaixo apresentamos esses 2 extremos (baixa e alta fidelidade) aplicados aos protótipos dentro de um processo de design. Na primeira figura (88), apresentamos sketches com propostas de design de interfaces para um telefone celular e na segunda (89), a interação de um usuário com um protótipo físico com a imagem da interface gerada externamente e

visualizada através de um monitor do tipo (*head-mounted display*). Na Figura (90), mostramos algumas etapas do desenvolvimento de um produto, passando de protótipos de baixa (sketches), média (mockup) e alta fidelidade (protótipo tradicional).



Figuras (87) e (88) Exemplos de protótipos de baixa e alta fidelidade usados para o desenvolvimento de telefone móvel (Nam e Lee, 2003)



Figuras (89) Exemplos de protótipos de baixa, média e alta fidelidade, usados para o desenvolvimento de um equipamento médico (Avrahami e Hudson, 2002)

No estudo de Kjeldskov and Howard (2004) apud Jones e Marsden (2006), que trata também dessa relação de protótipos de alta e baixa fidelidade, e da aquisição de dados a partir de usuários e sistemas. Foi realizado um experimento com dois grupos de pesquisadores, entre profissionais e estudantes de engenharia e design, onde cada grupo deveria desenvolver um protótipo de um sistema móvel para uso em transporte público em Melbourne, Austrália. O primeiro grupo (1) deveria utilizar um sistema clássico de desenvolvimento centrado no usuário (com entrevista, estudo de campo,...) e outro grupo (2) deveria utilizar uma metodologia dirigida à tecnologia ou funcionalidade (pesquisa de características de hardware, capacidades do sistema). Ambos os grupos chegaram a produtos semelhantes, porém com fortes particularidades, o primeiro grupo (1) desenvolveu conceitos de um produto muito útil às necessidades dos usuários, através da produção de diversos sketches, porém a usabilidade e a praticidade não foi absolutamente testada e o grupo (2) utilizou regras mais técnicas que foram aplicadas no protótipo funcional que pode ser testado em situações reais de uso. Assim o estudo sugere que seja utilizada uma

metodologia a partir de métodos combinados de tecnologia e funcionalidade, com métodos centrados no usuário, durante o processo de desenvolvimento de novos produtos.

Através do estudo anterior vemos que protótipos assumem funções diferenciadas no processo de design. Porém, uma pergunta ainda precisa ser respondida: qual o protótipo mais adequado a cada estágio e propósito do processo de design? .

Jones e Marsden (2006) acreditam que para comunicar idéias de design ou fluxo de interações, protótipos de baixa fidelidade são mais importantes, já para definir especificações com desenvolvedores serão mais indicados os protótipos de alta fidelidade.

Para Avrahami e Hudson (2002) no estágio inicial do processo de design, esboços em papel e modelagem em espuma são as técnicas mais comumente utilizadas para explorar diferentes opções e aspectos da forma.

Finalmente, sem protótipos interativos no início do processo de design, protótipos avaliados apenas através da tela de sistemas computadorizados, podem no final do processo apresentar diversos problemas em interações com usuários, que poderiam ser detectados e solucionados ao longo do processo, através de testes com protótipos físicos.

Dessa forma podemos entender que os protótipos evoluem em fidelidade dentro do processo de design, começando de uma forma mais fluída, rápida, barata e qualitativa para uma forma mais complexa, quantitativa e com maior demanda de esforço, tempo e custo. Porém a classificação proposta por Rudd, Stern e Isensee (1996) em apenas 2 pólos (*low* e *hi-fidelity*), dificulta a criação de uma relação entre os tipos de protótipos e as fases do processo de design, que conforme visto no capítulo 2 sinteticamente compreende a: **(1) problematização e conceituação (2) desenvolvimento e (3) realização**.

Righetti (2005) acrescenta uma classificação de protótipos de **média fidelidade (mid-Fidelity)**. Para o autor, os protótipos que se adequariam a essa classificação, seriam aqueles usados após a fase inicial de design, com o propósito de detalhar o design e validar a sua usabilidade. Esse protótipo já deve conter aspectos de funcionalidade que possibilitaram a definição ampla das especificações finais de funcionalidade do produto.

Rouse (1991) também acredita na necessidade de se criar uma classificação intermediaria de fidelidade ao qual chamou de **Fidelidade Moderada**. Para ele, nessa fase se comprehende as relações das funcionalidades de um sistema com os sistemas similares, suas características e princípios gerais.

Para o propósito de nosso estudo, acrescentar essa classificação de média fidelidade (*mid-fidelity*) entre os pólos de baixa e alta fidelidade (*low* and *Hi-fidelity*), facilitará a compreensão da classificação dos protótipos, pois criará um limite importante para relacionar de forma mais eficiente: os tipos de protótipos, os níveis de comunicação atendidos por cada protótipo e as 3 fases da classificação proposta para o processo de design.

Dessa forma, podemos considerar protótipos de alta fidelidade a apresentação final do produto, incluindo suas características funcionais. A Partir desse conceito, poderíamos criar a seguinte ilustração de ordenação dos protótipos quanto ao nível de fidelidade.

No quadro (30), apresentaremos uma nova proposta classificatória, incorporando os dados de nosso estudo e dos protótipos de média fidelidade definidos no estudo de Righetti (2005):

tipo	aparência	Adequação ao uso	Vantagens	Limitações
Protótipo de baixa fidelidade	Esboço Esquemático Volume rude	Design conceitual Elaborações dos primeiros requerimentos de design e troca de experiência com especialistas Contextualização Útil para identificar requerimentos do mercado Simulação manual de funcionalidade	Baixo custo de desenvolvimento Avalia os primeiros conceitos de design Métodos rápidos e fluídos de desenvolvimento e comunicação de idéias Prova de um conceito Permite reproduzir características de interfaces Permite realizar avaliações qualitativas com usuários	Checagem limitada de erros Detalhamento pobre da programação do sistema limitado para testes quantitativos de usabilidade limitações para fluxos e navegação

Protótipo de média fidelidade	<p>Interatividade com Funcionalidade preliminar ou simulada do sistema em sistema digital</p> <p>Modelo visual igual ou aproximado do produto final</p> <p>Apresentação parcial dos atributos do produto final</p>	<p>avaliação dos requerimentos a partir de usuários</p> <p>Permite definir os requerimentos funcionais de design</p>	<p>custo e tempo intermediário em comparação aos protótipos de baixa e alta fidelidade</p> <p>Detalhamento suficiente para realização de testes de usabilidade</p> <p>Já possuem aspectos funcionais preliminares que permitem realizar avaliações.</p>	<p>Não comunicam simultaneamente todas as características do produto</p> <p>Necessidade de um facilitador ou de sistemas computadorizados para realização de teste de usabilidade.</p>
Protótipo de alta fidelidade	<p>Reprodução de uma ou todas as características do produto final (funcionalidade, usabilidade e estética) em um alto nível de fidelidade.</p>	<p>Validação do projeto com usuários</p> <p>Serve como Ferramenta de marketing e vendas</p> <p>Pode ser usado para exploração e testes físicos, químicos, mecânicos e funcionais do sistema ou produto</p>	<p>Completa funcionalidade</p> <p>Totalmente interativo</p> <p>Dirigido pelo usuário</p> <p>Define claramente o esquema de navegação</p> <p>Permite ver e sentir o produto final</p>	<p>Mais custoso para se desenvolver</p> <p>Consume mais tempo para se criar</p>

Quadro (30) relação entre protótipos de baixa, média e alta fidelidade

Para Baxter (1998) a medida que o produto se desenvolve, as informações aumentam e os riscos de fracasso diminuem. Paralelamente começa a ser necessário responder a questões mais específicas ou subproblemas. Esses podem ser respondidos através de um acréscimo de sofisticação e complexidade aos protótipos.

Dessa forma, podemos relacionar o **nível de fidelidade** dos produtos, as **fases do processo de design** e os **tipos de protótipos** adequados a cada uma dessas fases, baseadas nas características de **aparência, adequação ao uso, vantagens e limitações** apresentadas no quadro (30), criando uma nova relação conforme apresentada no quadro (31):

Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch storybook Protótipo de papel Mockup físico (baixa fidelidade)
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Rendering Animação modelo Façade (não evolucionário) Façade (evolucionário) Wizard of OZ Mockup digital Protótipo virtual apreciativo Mockup físico (média fidelidade)
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	Protótipo virtual imersivo Protótipo (alta fidelidade) Piloto

Quadro (31) relação entre os níveis de fidelidade dos protótipos, fases de design e tipos de protótipos

O conhecimento da relação entre os tipos de protótipos e as fases de design contribuirá com o nosso “modelo de auxílio”, ao permitir escolher os protótipos mais adequados para cada fase ao longo do processo de design. Essa relação é baseada em dados contidos em nosso estudo, que relacionam o nível de fidelidade com as fases de design, a partir da estimativa de: tempo, custo, esforço e fluidez prevista para cada fase.

3.5.4. Propósito do protótipo

Com base no estudo em Ullman (2003), que propõe e descreve quatro classes de protótipos: **protótipo de conceito, de produto, de processo e de fabricação**, baseados na função e estágio de desenvolvimento do produto. Acrescentaremos a essa classificação um novo item classificatório, o **protótipo de mercado**. Esse expandiria a fase de avaliação para além do processo de fabricação. Acreditamos que uma pequena tiragem de um produto que é levada ao mercado para uma avaliação, deve ser considerada como uma fase de prototipagem, nesse caso através de um protótipo de mercado. A seguir descreveremos os conceitos e empregos de cada um deles no processo de design:

• Protótipo de conceito

Para Bylund (2002), um conceito é uma representação inicial de um produto, incorporando os de detalhes que permitam apenas apresentar as suas características principais. Dessa forma, um protótipo de conceito seria uma forma inicial do modelo do produto onde as suas características principais são representadas.

Shouqiam e Zongkai (2003) define através de autores que o processo de design se divide em 3 fases: (1) especificação do design de produto (2) design conceitual e (3) design detalhado. Para eles o design conceitual é a ponte entre o estágio anterior, de requerimentos, e posterior, de detalhamento. Sendo assim, ela é uma fase ainda imprecisa, aproximada e incompleta, pois além dos requerimentos informados pelo cliente outros devem ser incorporados como o de design e de fabricação, o que faz com que essa fase requeira quase sempre cooperação multidisciplinar entre grupos. Dessa forma, para essa fase são esperadas ferramentas que possam facilitar a comunicação e as interações e cooperações entre pessoas e equipes.

Sendo assim, um protótipo de conceito deve ser utilizado no estágio inicial de design. Nesse estágio, está previsto a correta identificação do problema e a transformação deles em requerimentos que identifiquem de forma fiel às necessidades dos usuários. Esses requerimentos e necessidades irão ser transformados em um modelo conceitual, através de métodos de avaliação centrados no usuário. Alguns desses métodos permitem utilizar protótipos de forma combinada com a técnica de cenário (descrição das narrativas informais dos usuários durante o processo interativo com a finalidade de obter informações sobre suas regras, pensamentos, objetivos, dificuldades,...)

Para essa fase, precisamos estar com a cabeça aberta para novas idéias que podem surgir a partir das primeiras interações, porém não devemos esquecer alguns pontos: (1) nunca esquecer do contexto e dos usuários (2) discutir as idéias coletadas dentro da equipe e com os demais atores do processo (3) usar métodos de prototipagem fáceis que possibilitem um rápido feedback (4) interagir o máximo possível, pois, pegar uma boa idéia pode depender da quantidade de idéias coletadas.

Baxter (1998) recomenda que nessa fase os protótipos devem possuir baixo grau de complexidade e sofisticação, o necessário apenas para que possamos obter respostas as nossas perguntas ou quando desejamos apenas a idéia geral do produto e como ele irá se diferenciar de seus concorrentes. Nesses casos, podemos entender que deva ser

usado um dos tipos de protótipos de baixa fidelidade descritos na classificação apresentada no item 3.3.1.

Após a geração de inúmeras alternativas ou conceitos, será necessário utilizar métodos que possam identificar o que melhor se adequa aos requerimentos estabelecidos.

- **Protótipo de Produto** > Permite esclarecimento de características físicas através da materialização do produto e possibilidades de produção.

Para Bylund (2002) protótipo de produto seria a representação do produto em um nível alto de detalhamento, de uma ou mais dimensões, de acordo com o nosso interesse de avaliação. Cada dimensão representa uma característica do produto, que pode ser explorada conjuntamente ou separadamente através da construção de um protótipo físico ou virtual.

Para essa fase, protótipos são entendidos a terem suas funcionalidades implementadas para que possam ter o seu comportamento físico-químico e mecânico, por exemplo, avaliados, através de diversos testes: de resistência, estruturais, químicos, funcionais,...

- **Protótipo de processo**

Permite demonstrar que os materiais e métodos produtivos escolhidos terão sucesso através do produto desejado. Para esse propósito podem ser desenvolvidos protótipos de montagem.

- **Protótipo de produção** > o protótipo tem por objetivo mostrar a completa eficiência do processo de fabricação. Através deles testamos a eficiência do produto final durante o processo produtivo.

Essa fase é descrita por alguns autores como “*design-for-manufacturing*”(DFM). Segundo Rosen et al (2003) o DFM, ao mesmo tempo que exige um conhecimento de produção para ajustar partes do design visando facilitar o processo de fabricação, diminuir tempo e custo e exige também a compreensão por parte do fabricante das propriedades previstas para o design e seus requerimentos funcionais, para que o aprimoramento do processo produtivo não traga danos funcionalidade do produto. Dessa forma, entendemos que ela deve ser acompanhada pelo designer para que o produto possa manter as suas características e quem sabe soluções de melhoramento de produção possam ser discutidas e desenvolvidas de forma interdisciplinar.

- **Protótipo de mercado** > o protótipo tem por objetivo avaliar a receptividade e desempenho do produto no mercado antes da fabricação em larga escala, onde problemas gerariam grandes custos, pois exigiriam “*recall*” ou indenização a usuários.

Para Jones e Marsden (2006) companhias podem lançar produtos, em pequeno número, para poder compreender as venda e os usuários, procurar pessoas que comprem esses protótipos disponíveis para venda pode ajudar a refinar o produto para uma venda mais ampla.

Para Baxter (1998) para esse propósito devem ser utilizados protótipos de produção.

No quadro (32) apresentaremos a relação entre os protótipos e os propósitos do processo de design:

Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos	Propósito do protótipo
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch	conceito
		storyboard	
		Protótipo de papel	
		Mockup físico (baixa fidelidade)	
		Rendering	
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Animação	produto
		modelo	
		Façade (não evolucionário)	
		Façade (evolucionário)	
		Wizard of OZ	
		Mockup digital	
		Protótipo virtual apreciativo	
		Mockup físico (média fidelidade)	
		Protótipo virtual imersivo	
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	Protótipo (alta fidelidade)	processo
		Piloto	

Quadro (32) relação entre os tipos e propósito dos protótipos.

3.5.5. Estágio dos protótipos

Budde et al (1992) define que protótipos podem ser caracterizados através de estágios de desenvolvimento. Cada estágio auxilia o designer a esclarecer os requerimentos definidos do projeto. Ele define 3 estágios dos protótipos: Experimental, exploratório e evolucionário.

- **Protótipo exploratório** > Deve ser usado quando o problema não está claro suficiente para definirmos caminhos para o desenvolvimento de soluções projetuais, requerimentos do futuro produto e sistema ou até mesmo para reconhecer o verdadeiro problema projetual. O uso desse tipo de protótipo é importante para que opções de design não sejam eliminadas antecipadamente, sem a correta avaliação, e para não restringir idéias prematuramente. Nessa fase, o uso de protótipo permite que desenvolvedores tenham novas idéias, a partir da observação e avaliação das interações dos usuários em tarefas de trabalho. Para desenvolvedores de diferentes empresas, o protótipo nessa fase assume a função de prospecto ou proposta, que permite visualizar como o futuro produto deverá trabalhar.
- **Protótipo experimental** > Essa forma de protótipo é destinado à implementação técnica como centro de desenvolvimento do produto. O processo usado é de caráter experimental e deve permitir que as idéias dos usuários possam ser traduzidas em características do produto ou sistema. Através daí, desenvolvedores devem ser capaz de traduzir essas características de uma forma a integrá-las de forma prática as suas funções particulares do sistema. Com essa visão, o desenvolvimento de protótipos, assume a função de comunicação entre usuários e desenvolvedores para tratar de questões de ordem técnica ou ergonômica do produto.
- **Protótipo evolucionário** > Nessa etapa, os protótipos deixam de ser instrumentos de desenvolvimento de características isoladas do projeto, para se tornar um processo contínuo que deverá ser capaz de adaptar produtos ou sistemas rapidamente a limitações do processo. A idéia principal é a de continuidade e acompanhamento do desenvolvimento do produto ou sistema. Dessa forma, os protótipos evolucionários estão intimamente ligados aos princípios de sistema de desenvolvimento evolucionário, onde desenvolvedores deixam de ter o papel de protagonistas de seus projetos e passam a dividir experiências de forma cooperativa com usuários. Nesse modo as experiências de somam de forma evolutiva através de ciclos iterativos contínuos controlados e avaliados até o produto alcançar o nível de evolução adequada.

Rogers, Sharp e Preece (2002) descrevem duas filosofias de desenvolvimento de protótipos: (1) **Evolutionário** (*evolutionary*), que coincide com a definição de protótipo evolucionário (descrito por Budde et al anteriormente), onde os protótipos evoluem continuamente até o produto final e (2) **Descartável** (*throwaway*), que se adequam parcialmente com as definições de protótipos experimentais e exploratórios (descritos também por Budde et al), onde os protótipos são usados apenas o ponto de partida do design final, ou seja, para gerar requerimentos, avaliar conceitos, contextualizar problemas,... podendo ser descartado ao final de cada fase.

Rouse (1991) descreve os seguintes tipos de modelos (protótipos): (1) **Experiencial** (*Experiential*), que tem por finalidade estabelecer uma comparação do produto ou sistema novo com o anterior, respondendo a seguinte pergunta “o que acontece ou aconteceria se..?”, com intuito de fazer com que o produto tenha as mesmas boas capacidades do anterior, corrija os defeitos e promova as novidades. (2) **Empírico** (*Empirical*), tem por finalidade coletar dados a partir da observação e performance através de experimentos com sujeitos representativos que esclareçam condições operacionais e detalhes específicos da população de usuários do produto ou sistema. (3) **Analítica** (*Analytical*) envolve a construção de uma representação física ou computacional para analisar fenômenos e características de produtos ou sistemas, como análise de performance de tempo, resistência, falhas entre o comportamento de interação homem-sistema,...

Como o modelo de Budde et al (1992) possui uma melhor relação com as fases de design construídas em nosso estudo, utilizaremos esses estágios para o desenvolvimento da classificação dos protótipos. Conforme apresentado no quadro (33):

Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos	Estágio dos protótipos	
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch	Exploratório	
		storyboard		
		Protótipo de papel		
		Mockup físico (baixa fidelidade)		
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Rendering	experimental	
		Animação		
		modelo		
		Façade (não evolucionário)		
		Façade (evolucionário)		
		Wizard of OZ		
		Mockup digital		
		Protótipo virtual apreciativo		
		Mockup físico (média fidelidade)		
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	Protótipo virtual imersivo	evolucionário	
		Protótipo (alta fidelidade)		
		Piloto		

Quadro (33) relação entre os tipos e estágio dos protótipos.

3.6. Audiência dos protótipos

- **Audiência** > Definido pelo público alvo do protótipo, ou seja, quem irá interagir com os protótipos. Definimos duas categorias de público alvo:
 - (1) **especialistas**: formados pelos atores responsáveis processo de elaboração do design, ou seja, designers, programadores, engenheiros, profissionais de marketing, produtores,...
 - (2) **não-especialistas**: formado por usuários potenciais e não potenciais e clientes que não possuam conhecimento específico na área de desenvolvimento do design.

Estudos revelam que o tipo de protótipos a ser utilizado influência a avaliação do design. Sendo assim, é importante considerar a diferença entre especialista, que já possui experiência com os diversos níveis de fidelidade de representações dos protótipos e não-especialistas, que possuem dificuldade de visualizar um protótipo de baixa ou média fidelidade ou partes separadas de um protótipo como um produto final. Dessa forma, devemos considerar essa diferença ao escolher o protótipo a ser utilizado para representar o produto final.

Coughlan e Mashman (1999) a partir de um estudo com consumidores para análise do design interior e exterior de um automóvel conceito, fazem as seguintes observações: (1) quanto mais realista for as propriedades de design utilizadas, mais aproximada será a análise do consumidor em relação ao produto final desenvolvido, principalmente sobre o aspecto estético. (2) existe uma dificuldade dos consumidores analisarem separadamente o interior e exterior e depois emitirem uma opinião de forma integrada. (3) existe uma dificuldade de avaliação de um carro final a partir de protótipos de baixa e média fidelidade como: sketches, modelos de massa,... e que propriedades completas e realísticas são necessárias para promover uma avaliação confiável.

3.7. Contexto dos protótipos

Aspectos sociais, culturais, temporais, tecnológicos e financeiros formarão alguns dos aspectos de **contexto** que também exercem sua força como agentes limitadores e influenciadores do processo. Dessa forma, esses aspectos também deverão ser considerados caso a caso na hora da escolha do método e técnica de prototipagem a ser escolhida no processo de design. Veremos agora a definição e um pouco da influência de cada um desses aspectos:

- **Tempo de execução** > Definido pelo tempo gasto para execução

Para Schrage (1996) a função do tempo na prática de prototipagem oferece uma definição clara sobre questões de prioridade. Quando um gerente de produto comprehende que a velocidade para desenvolver um produto é a chave principal para a competitividade, o tempo para desenvolver um protótipo assume um grande significado no processo. Dessa forma, as organizações que defendem que os produtos precisam ser desenvolvidos de forma rápida, irão ter que otimizar o tempo entre o design, a construção e os testes dos protótipos. Nesse caminho a prototipagem rápida tem assumido posição de destaque nessas corporações.

O tempo para criação de protótipos se divide entre o tempo de design e o tempo de prototipagem, que ocorrem normalmente de forma repetida e simultânea durante o processo de design. O (1) **tempo de design** pode ser influenciado pela experiência do designer, pela complexidade do projeto, pelos métodos utilizados para auxiliar a solução de problemas, pelos requisitos e especificações projetuais, pelo contexto no qual o design está inserido, entre outros fatores... e o (2) **tempo de prototipagem** é definido pelo tipo de protótipo escolhido, pelos equipamentos utilizados, pela complexidade da forma, nível de fidelidade, pela habilidade e familiaridade do design ou modelador com a técnica escolhida,....

Nas fases criativas ou conceituais, essa velocidade será importante para maior facilidade de troca entre as informações de nosso cérebro e o processamento dessas informações reproduzidas.

- **Custo envolvido** > Definido por todos os custos envolvidos para a sua execução: matéria prima, mão de obra, tempo de uso de máquinas, consumo de energia,... Esses custos podem ser divididos em: (1) custo do processo de design (2) custo na adaptação do design para a fabricação (moldes, máquinas,...) (3) custo de fabricação (4) custo de embalagem e distribuição (5) custo do produto.

No estudo de Everaert e Bruggerman (2002) alguns aspectos são evidenciados por diversos autores sobre a importância da consideração de custo no processo de design. (1) O custo hoje é um elemento de sobrevivência em um ambiente altamente competitivo. (2) Hoje, o foco para diminuição dos custos dos futuros produtos se concentram principalmente na elaboração do produto, ou seja, durante o processo de desenvolvimento (fase de design) e esse deve iniciar a partir da fase inicial de planejamento do processo. (3) depois que o produto estiver pronto e lançado são poucas as possibilidades de redução de custos. (4) é importante realizar uma boa combinação entre custo, qualidade e tempo para que o produto seja competitivo e tenha sucesso no mercado.

Para Rooks (1998) os custos dos produtos são definidos durante o estágio de design, embora eles só sejam realmente gastos durante o estágio de fabricação, ou seja, qualquer mudança feita ainda no estágio de design quase não influêncie o custo do produto, no entanto se mudanças tiverem que ser realizadas durante a fabricação adiciona invariavelmente um alto custo.

Wainwright (1995) afirma que o custo é um fator fundamental para competitividade de um produto, e que nesse contexto o design assume uma função fundamental, pois 70 a 80% do custo do produto são definidos pela decisões realizadas durante a elaboração do design do produto.

O autor acrescenta que outro aspecto importante que reflete diretamente no custo do produto é o tempo gasto durante o processo de desenvolvimento. Isso faz com que as empresas foquem o estágio de design como estratégia para comprimir o tempo entre a concepção e venda, que em alguns casos é de apenas 6 meses, o que requer uma habilidade de introduzir mudanças rápidas na fase de design.

- **Aspectos culturais** > Conforme visto no item 3.2 (cultura de protótipos), os aspectos culturais dos designers e das organizações, influenciam o processo de design e os produtos desenvolvidos a partir deles, fazendo com que o produto final seja fortemente influenciado por esse aspecto.

Para Coughlan e Mashman (1999) o contexto cultural exerce uma influência sobre a configuração e aceitação estética do produto no mercado, da mesma forma que forma a imagem ou reputação do fabricante, as experiência dos consumidores com os produtos,...

Segundo Wainwright (1995) a estrutura organizacional reflete na complexidade e inovação dos produtos. Dessa forma diferentes produtos exigem estruturas específicas, por exemplo, produtos complexos podem exigir foco nas estruturas seqüenciais e funcionais enquanto produtos inovadores podem exigir foco na organização e no *time* de design.

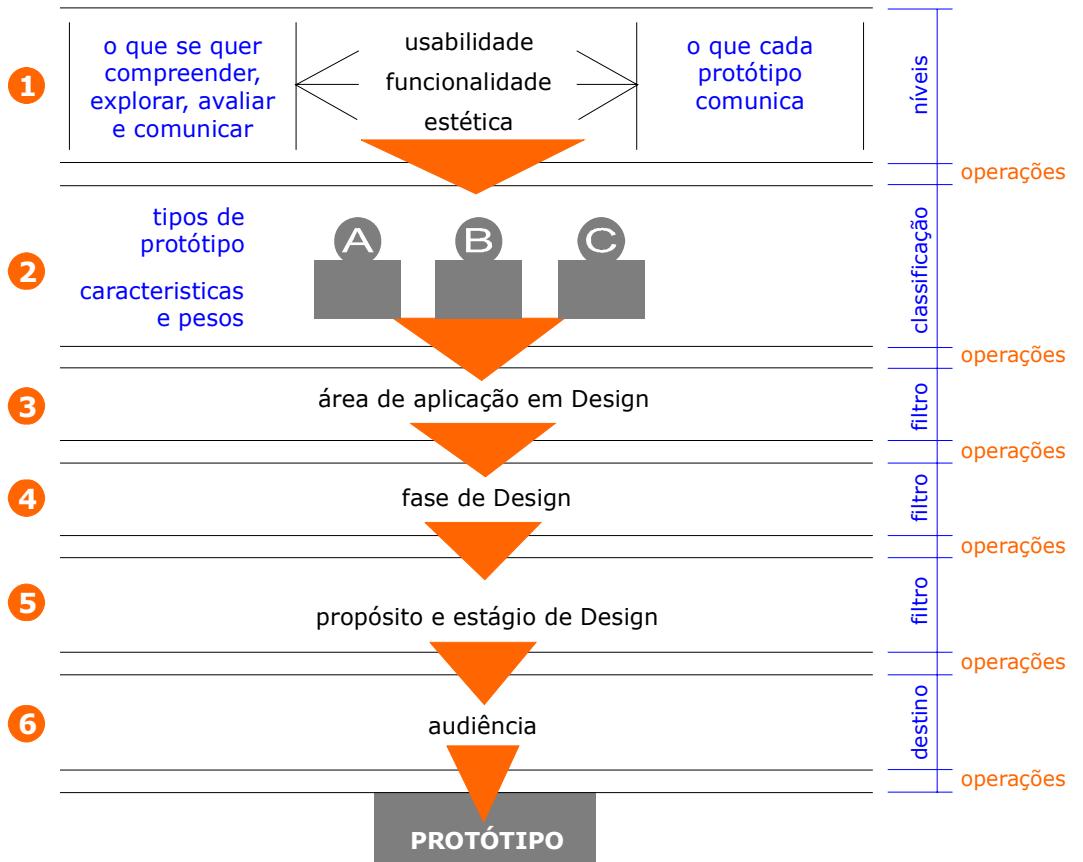
4. Modelo de Auxílio

Visando orientar os designers na escolha do tipo de protótipo mais adequado a cada fase do processo de design, criaremos um **Modelo de Auxílio à Seleção de Protótipos**, com intuito que esse possa ser utilizado para gerenciar os dados obtidos no estudo e processar as operações de seleção.

Sabendo que os protótipos possuem uma importante função comunicativa no processo de design, ao criarmos uma ferramenta que facilite a seleção do protótipo a ser utilizado em cada fase do processo de design e fornecendo orientações de como utilizá-lo corretamente em cada área de atuação do design, estaremos contribuindo para tornar o processo de design mais eficiente.

4.1. Descrição do modelo

O modelo proposto será composto de 6 etapas, entre classificação e filtragem de protótipos, na seguinte ordem: ① Classificação dos protótipos quanto ao nível de comunicação (funcionalidade, usabilidade e estética) ② listagem dos protótipos classificados com pesos para cada um dos níveis anteriores ③ área do design onde pretendemos aplicar o protótipo ④ fase do design onde será aplicado o protótipo: contextualização/conceitualização, desenvolvimento ou realização ⑤ propósito do protótipo (conceito, produto, processo, produção ou mercado) e estágio do protótipo (exploratório, experimental ou evolucionário) dentro do processo de design e ⑥ audiência esperada para a apresentação, exploração e avaliação do protótipo (especialista ou não especialista). Essas etapas são apresentadas de forma ilustrativa a seguir no quadro (34):

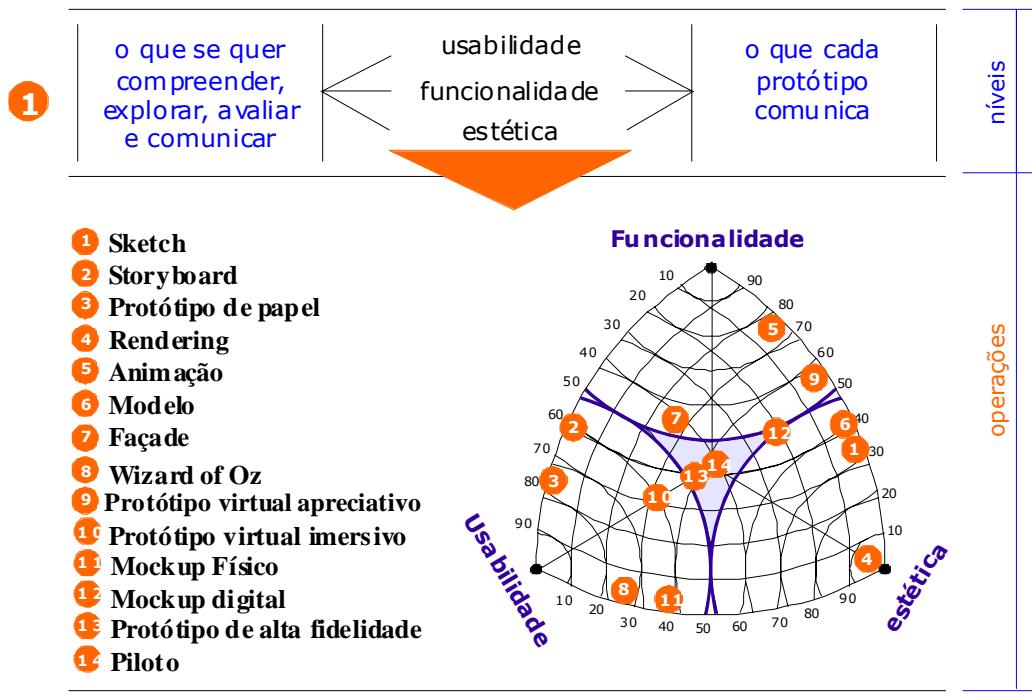


Quadro (34) modelo de auxílio à seleção de protótipo (MASP)

Entre cada uma das 6 etapas está prevista a realização de “**operações**”, ilustradas no modelo através de um espaço devidamente identificado. Essas “**operações**” serão consultas a serem realizadas no banco de dados, gerado pelas informações extraídas do nosso estudo, e que permitirão a cada etapa classificar e filtrar os protótipos.

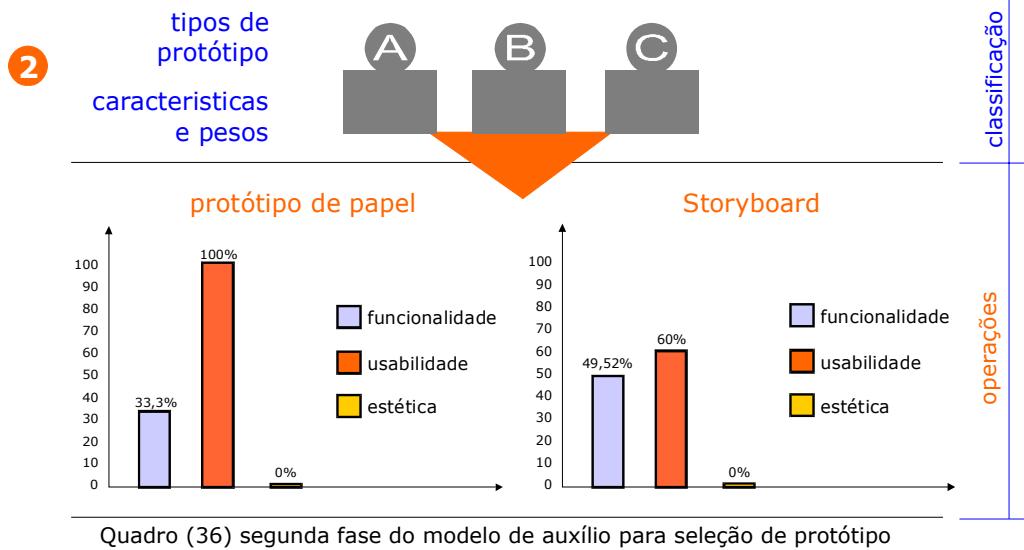
O designer que utilizará o modelo precisará escolher a cada etapa o que pretende comunicar, em que área e em qual fase do design pretende aplicar o protótipo, para que propósito e estágio ele será utilizado e finalmente quem será a sua audiência. O modelo irá gradualmente realizar as “**operações**” até que ao final, seja apresentado o protótipo mais adequado, de acordo com os dados fornecidos pelo usuário do modelo.

Para melhor ilustrar essa consulta ao banco de dados, realizada durante cada intervalo das “**operações**”, apresentaremos os quadros extraídos de nosso estudo para cada uma das 6 etapas de classificação e filtragem dos protótipos. Esses facilitaram visualizar e compreender a lógica do modelo.



Quadro (35) primeira fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

Na fase 1 o usuário do modelo poderá escolher que níveis de comunicação deseja explorar através do uso do protótipo. O modelo irá realizar uma consulta no banco de dados e através das informações contidas no quadro (27) (apresentado no item 3.51 de classificação dos protótipos) e irá classificar os protótipos que atendam aos níveis escolhidos. O quadro consultado foi gerado de forma estatística a partir das definições de diversos autores sobre o tema, e permite estabelecer relações diretas entre o protótipo e as suas capacidades comunicativas no que se refere aos aspectos de funcionalidade, usabilidade e estética. Através de nosso estudo cada protótipo recebeu valores (em porcentagem) para cada um desses níveis e esses valores em um primeiro momento ajudaram apenas a classificar, porém em um segundo momento, eles poderão definir qual o protótipo mais adequado entre os classificados. O quadro (36) a seguir ilustra essa operação.



Quadro (36) segunda fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

O quadro acima apresenta um exemplo simulado da operação realizada na fase ②. Ele ajuda a compreender como o modelo classifica os protótipos. Imaginemos que o aspecto que desejamos comunicar seja apenas a usabilidade. O modelo consulta e classifica todos os protótipos que atendam esse nível de comunicação, do maior para o menor valor, conforme foi ilustrado. Esses pesos ficam armazenados com o protótipo e em uma fase final pode definir qual deles será mais adequado ao que se propõe.

3 área de aplicação em Design

tipos	Produto	Gráfico	Digital
sketch			
storyboard			
protótipo de papel			
mockup físico (baixa fidelidade)			
rendering			
animação			
modelo			
façade (não evolucionário)			
façade (evolucionário)			
wizard of oz			
protótipo virtual apreciativo			
mockup digital			
mockup físico (media fidelidade)			
protótipo virtual imersivo			
protótipo de alta fidelidade			
piloto			

Quadro (37) terceira fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

filtros

operações

Na fase ③ o usuário do modelo poderá escolher para que área do design pretende aplicar o protótipo. O modelo irá consultar o quadro (28) (apresentado no item 3.52 de classificação dos protótipos), onde estão definidas as áreas atendidas por cada tipo de protótipo. Esse quadro foi gerado a partir de exemplos de utilização dos protótipos no processo de design coletados durante o estudo e apresentado no item 3.2 (tipologia).

Essa fase funciona como um filtro, fazendo com que apenas os protótipos que atendam a área desejada sigam adiante no processo de seleção.

fase de Design		
Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch storyboard Protótipo de papel Mockup físico (baixa fidelidade)
		Rendering Animação modelo Façade (não evolucionário) Façade (evolucionário) Wizard of OZ Mockup digital Protótipo virtual apreciativo Mockup físico (média fidelidade)
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Protótipo virtual imersivo Protótipo (alta fidelidade) Piloto
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	

Quadro (38) quarta fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

Na fase ④ o usuário do modelo poderá escolher em qual fase do processo de design pretende utilizar o protótipo. Para definir os protótipos adequados para a fase escolhida, o modelo realiza uma consulta no quadro (31) (apresentado no item 3.53 de classificação dos protótipos). Nele é apresentada uma relação entre: os tipos de protótipos, os níveis de fidelidade dos protótipos e as fases do processo de design. Esse permite indicar o protótipo adequado a cada fase. As fases (Contextualização /conceitualização, desenvolvimento e execução) listadas nesse quadro foram definidas a partir de uma síntese de diversas metodologias de design apresentadas e discutidas no item 2.1 (metodologia de design). Essa fase também funciona como um filtro fazendo com que apenas os protótipos que atendam a uma determinada fase de design sigam adiante.

5

propósito e estágio de Design

filtros

operações

Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos	Propósito do protótipo
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch	conceito
		storyboard	
		Protótipo de papel	
		Mockup físico (baixa fidelidade)	
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Rendering	produto
		Animação	
		modelo	
		Façade (não evolucionário)	
		Façade (evolucionário)	
		Wizard of OZ	
		Mockup digital	
		Protótipo virtual apreciativo	
		Mockup físico (média fidelidade)	
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	Protótipo virtual imersivo	processo
		Protótipo (alta fidelidade)	produção
		Piloto	mercado

Nível de fidelidade	Fases do processo de design	Tipos de protótipos	Estágio dos protótipo
Protótipo de Baixa Fidelidade	contextualização e Conceitualização	Sketch	
		storybook	
		Protótipo de papel	Exploratório
		Mockup físico (baixa fidelidade)	
Protótipo de Média Fidelidade	Desenvolvimento	Rendering	experimental
		Animação	
		modelo	
		Façade (não evolucionário)	
		Façade (evolucionário)	
		Wizard of OZ	
		Mockup digital	
		Protótipo virtual apreciativo	
		Mockup físico (média fidelidade)	
Protótipo de Alta Fidelidade	Realização	Protótipo virtual imersivo	evolucionário
		Protótipo (alta fidelidade)	
		Piloto	

Quadro (39) quinta fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

Na fase 5 o usuário do modelo poderá escolher o propósito e/ou o estágio do protótipo dentro do processo de design. O modelo então realizará uma consulta nos quadros (32) e (33) (apresentados no item 3.54 e 3.55 de classificação dos protótipos) para definir os protótipos que atendem aos critérios selecionados. Visando não disponibilizar opções que gerem resultados contra-intuitivos, só estariam disponíveis as opções dos propósitos e estágios dos protótipos relacionados com a fase escolhida de design (selecionada no filtro anterior do modelo - fase 4).

Essa fase realizará uma nova filtragem fazendo com que apenas os protótipos que atendam aos propósitos e estágios dos protótipos sigam adiante no processo de seleção.



Quadro (40) sexta e última fase do modelo de auxílio para seleção de protótipo

Na fase 6 o usuário do modelo poderá definir qual a audiência esperada para apresentação, exploração e avaliação do protótipo. Segundo estudos realizados por diversos autores a audiência influencia na definição do tipo de protótipo a ser utilizado. Nesse caso o modelo irá consultar as informações sobre o tipo de audiência, especialista ou não especialista, contidas no item 3.4. Caso ainda haja indefinição entre mais de um protótipo, essa fase pode definir pelo uso de um ou outro, baseado no nível de fidelidade dos protótipos. Não havendo indefinição, ou seja, havendo apenas um protótipo classificado nas fases anteriores essa fase será desconsiderada e o protótipo final será automaticamente eleito para utilização.

5. Conclusão

Obtivemos resultados que permitem gerar a seguinte análise sobre as hipóteses apresentadas na sessão 1.3:

hipótese (1): ciclos iterativos, quando realizados com a ferramenta de prototipagem adequada, tornam o desenvolvimento de produtos mais eficiente e menos custoso.

Os resultados de nosso estudo, embasado na experiência de diversos autores, convergem para o enunciado dessa nossa hipótese, apontando para a eficiência do emprego de ciclos iterativos no processo de design.

Para Baxter (1998) de acordo com “a regra do jogo” de Robert Cooper que diz: “*quanto a incerteza for alta, faça apostas baixas; se a incerteza diminuir, aumente o valor das apostas*”, a fase inicial do processo de design, onde a incerteza e os riscos são maiores, não devemos investir em protótipos de alta fidelidade ou matrizes de produção.

Sendo assim, podemos concluir que o domínio de ferramentas de prototipagem de baixo custo nessa fase se faz necessário, pois segundo o autor, “devemos investir mais tempo e talento nos estágios iniciais do processo de desenvolvimento de novos produtos”, pois as mudanças inseridas nas etapas posteriores, como por exemplo, na fase de produção (pilotos e matrizes), podem gerar custos elevadíssimos.

Acreditamos que produzir uma versão interativa do produto ou sistema, através de protótipos, se configura como uma das melhores opções para avaliar especificações e características do projeto, evitando que esses possam seguir adiante no processo de design, onde os custos na correção de erros normalmente são mais altos.

Schage (1996) afirma que as organizações apostam no **aumento quantitativo de ciclos iterativos de desenvolvimento de protótipos** como forma de aumento qualitativo dos produtos, dessa forma elas vêm instituindo um processo de prototipagem através de planilhas programadas, denominada “prototipagem periódica”, que permitem uma avaliação da evolução do produto por ciclos, dando ao gestor uma ferramenta eficiente de medida do progresso do produto.

O autor acrescenta que as companhias que possuem pouco tempo para o desenvolvimento de protótipos **geram mais protótipos e realizam um maior número de ciclos iterativos** o que pode indicar que o uso de protótipos no processo de design **acelera o processo de desenvolvimento de produtos.**

O estudo de Snyder (2003), acrescenta que a utilização de protótipos de baixa fidelidade como: sketches, protótipos de papel, mockups..., **possibilita a realização de uma quantidade maior de ciclos iterativos no processo de design** e como consequência uma maior possibilidade de aceitação do design por parte dos usuários finais.

Dessa forma nosso estudo aponta para uma necessidade de revisão do conceito apresentado por Lansdale and Ormerod (1995) que afirma: „*no último estágio, a consequência da avaliação pode orientar alguns redesign. Claramente, quanto mais interações ocorrerem, menos eficiente e mais custoso será o processo de design*”.

hipótese (2): a metodologia de prototipagem contribui na formação de melhores designers.

Os conhecimentos em processamento de informações e em capacidades cognitivas do cérebro humano apresentadas em nosso estudo convergem para o enunciado de nossa hipótese, confirmando que as representações externas, geradas através dos protótipos, permitem ampliar nossas capacidades e habilidade e que isso naturalmente contribui para sejamos melhores designers.

Para Norman (1993), a combinação das representações externas e ferramentas físicas, possuem uma grande importância para extensão e apoio da habilidade das pessoas para realizar atividades cognitivas.

Para Ullman et al (1990) o desenho é uma extensão necessária para o imaginário visual no processo de design. Sem os dados da representação externa os designers podem não compreender o problema substantivamente. Sendo assim, o desenho é uma extensão para a limitada habilidade humana em visualizar objetos em seu cérebro.

Dessa forma nosso estudo aponta para uma necessidade de revisão do conceito apresentado por Snyder (2003) que afirma: „*os métodos de prototipagem principalmente os renderings e aspectos codificáveis do processo; não necessariamente ajuda a nos tornamos melhores designers*”.

hipótese (3): A escolha do protótipo adequado a fase, ao propósito e ao estágio de design contribui para diminuir custo e adicionar valor ao produto final do processo de design, trazendo uma nova relação de custo benefício.

A partir do nosso estudo podemos afirmar que existem protótipos mais adequados a cada fase, estágio e propósito do processo de design, baseado principalmente em suas capacidades comunicativas e em seu nível de fidelidade. Esses dados podem trazer para o processo de design, além da fluidez e da incorporação de conhecimento e requerimentos qualitativos a partir dos usuários, um ganho de tempo de custo no desenvolvimento de produtos e sistemas. Esses resultados convergem com o enunciado de nossa hipótese.

Para Hoysniemi e Read (2005), tratando do método de prototipagem Wizard of OZ, define que quando usado nas fases iniciais de design **pode trazer significativa economia de recursos e de tempo**, desde que os ciclos iterativos sejam curtos e as alternativas de solução possam ser testadas com usuários simultaneamente.

Embora os custos dos equipamentos e mão de obra especializada nas novas tecnologias de prototipagem rápida sejam altos, estudos como Dulieu-Barton e Fulton (2000) afirmam que os custos do processo de prototipagem com uso de prototipagem rápida no lugar da prototipagem tradicional **reduziram de 40 a 70 % em relação ao processo tradicional**. Isso se deve pela grande redução de tempo, e principalmente, pelo alto custo e baixa oferta de mão de obra especializada em prototipagem tradicional.

Dessa forma nosso estudo aponta para uma necessidade de revisão do conceito apresentado por BAXTER (1998) que afirma: “*A construção do protótipo é importante para o desenvolvimento do produto, mas pode tomar um tempo muito grande, em relação ao valor que pode adicionar ao projeto*”.

Para concluir, entendemos que experimentos devam ser realizados para que se possa comprovar cientificamente a validade dos conhecimentos gerados através da fundamentação das hipóteses apresentadas em nosso estudo.

5.1. Contribuições

Nas metodologias de design percebemos que os modelos e protótipos são deixados para as fases finais do processo de design. Isso nos permite questionar: É possível compreender, explorar, avaliar e comunicar de forma eficiente o que se deseja sem o auxílio do protótipo adequado? Nosso estudo mostra que não. O conhecimento do que se pretende comunicar e o conhecimento de como comunicar, tornará a comunicação mais eficiente dentro do processo de design.

Através do nosso estudo, constatamos que cada tipo de protótipo possui uma característica comunicativa. Dessa forma, procuramos identificar essas características para que ao utilizar o “modelo de auxílio”, esse pudesse ter um banco de dados que possibilitasse nos conduzir a escolha do melhor protótipo. Sendo assim, o nosso modelo estará habilitado a responder a seguinte pergunta: o que cada protótipo comunica?

Com isso não desejávamos estabelecer um modelo com validade estatística, pois esses valores poderiam sofrer pequenas alterações a partir de consultas a outros especialistas ou a partir do surgimento de novos métodos, técnicas e tecnologias de prototipagem. Porém, era de nossa pretensão construir um modelo que permitisse auxiliar os designers sobre o método de prototipagem mais adequado ao que se deseja realizar dentro do processo de design.

Esses novos dados que venham a surgir através de novas consultas com especialistas ou de novas técnicas de prototipagem poderão ser atualizados, dando entrada a novos pesos que poderão posteriormente reorientar o posicionamento do nível de comunicação de cada protótipo. Dessa forma, o modelo poderá ser constantemente atualizado podendo continuar sendo utilizado de forma eficiente pelos designers.

Através desse estudo procuramos unificar a classificação dos protótipos entre 3 áreas principais de atuação do design (produto, gráfico e digital), tentando estabelecer um vocabulário comum. Oferecemos ainda exemplos que facilitem a compreensão e utilização desses métodos, a troca de experiência para o desenvolvimento de novos métodos e as possibilidades de aplicações desses conhecimentos entre essas áreas de aplicação do design.

Compreender o poder comunicativo dos protótipos pode ser uma das principais ferramentas para obter, aplicar e avaliar informações dentro do processo de desenvolvimento do design.

No nosso estudo vimos que os protótipos se configuraram também como uma peça fundamental na metodologia colaborativa, cada vez mais difundida como forma de se estabelecer uma rede de relações multidisciplinares entre diversos escritórios e profissionais. O ambiente colaborativo visa vencer as barreiras impostas pelo tempo e distância, com intuito de troca de experiências e de conhecimentos, e pela necessidade de adaptação de produtos aos contextos culturais, técnicos, tecnológicos e produtivos. Nessa metodologia, vimos que a troca de informações ocorre quase sempre por redes digitais, como internet e aplicativos específicos, e que nesses casos, os protótipos virtuais e as ferramentas CAD se configuram como o principal meio para se estabelecer essa comunicação.

As novas tecnologias, como as ferramentas informais ou *façade*, de prototipagem rápida, manufatura rápida, ferramenta rápida, vem contribuindo para aprimorar o processo de prototipagem dentro do processo de design, dando uma grande contribuição que os designers utilizem cada vez mais os protótipos em sua metodologia de design, tornando-a mais interativa. A partir de nosso modelo é possível identificar a melhor maneira de inserir esses protótipos no processo de design de forma adequada ao que se deseja comunicar e a cada área, fase, propósito, estágio e audiência.

Diante desse cenário complexo, acreditamos que caberá ao designer equilibrar todas as forças sustentáveis, culturais, sociais, econômicas, tecnológicas, políticas,... que atuam no desenvolvimento dos produtos. Fazendo dele uma peça pivô para estabelecer essa conexão entre o tecnológico e o humano, o global e o local. Nesse contexto, a utilização dos protótipos exerce sua grande importância comunicativa, ao permitir obter informações, expandir as capacidades do design, estabelecer um diálogo com o material e um senso comum entre os diversos atores do processo de design.

Podemos dizer, guardadas as devidas proporções, que o desenvolvimento dessa dissertação ocorreu através de um processo de ciclos interativos, onde através de uma ferramenta de prototipagem escrita e gráfica, foi possível estabelecer uma troca de informações que permitiram moldá-la ao longo do tempo em forma e conteúdo até o produto “final” aqui escrito. Final? será que existe um fim na evolução? Devemos refletir sobre esse questionamento. Será que os produtos também atingem um nível final, onde estará esgotado o poder de aperfeiçoamento? Acredito que não, acredito que tudo pode evoluir ou se moldar ao contexto e ao pensamento, pois a vida é dinâmica e “transitória” como bem define a escritora e jornalista Cecília Meireles ao escrever sobre as ondas do mar. Dessa forma podemos imaginar que devam existir lacunas que permitam remoldá-lo e aperfeiçoá-lo a cada instante, através de novos ciclos interativos a cada novo contexto e a cada novo pensamento, indefinidamente.

Acreditamos que da mesma forma que uma criança precisa interagir com o mundo para aprender e evoluir, o design precisa dos protótipos, ou seja, de versões interativas do projeto, para poder se relacionar com o mundo e também poder evoluir. Dessa relação nasce uma nova disciplina essencial ao design, o design de interações (*interaction design*). Acreditamos que os métodos e técnicas de preparação do design para interação, podem e devem ocorrer em todas as fases do processo de design, da contextualização e conceitualização até a realização, com auxílio de protótipos de baixo, médio e alto nível de fidelidade. Dessa forma, acreditamos que estaremos prestando o nosso projeto para a “vida” assim como tentamos preparar as nossas crianças.

5.2. Desdobramento

Para o futuro pretendemos validar o nosso modelo, através de experimento e pelo feedback dos usuários. A idéia é disponibilizar o modelo na WEB em forma de um aplicativo para que esse possa interativamente fornecer informações aos usuários sobre o protótipo mais adequado às suas necessidades. Com isso, esperamos receber críticas e sugestões que possam contribuir para evolução do nosso modelo de auxílio.

Em uma segunda etapa, pretendemos iniciar a criação de uma metodologia de design orientado por protótipos, com intuito de fazer com que protótipos possam ser inseridos no processo de design de uma forma gerenciável, ou seja, com controle de espaço, de tempo, de custo ou pela necessidade de obtenção de informações. Acreditamos que a partir da visão participativa, colaborativa e contextual e pela própria condição do design, comunicativo e interativo por natureza, a metodologia de design poderá ser mais eficiente ao se estabelecer uma **metodologia de design intermediada por protótipos**.

Currículo

Manoel Guedes Alcoforado Neto

Profº substituto do Departamento Design | UFPE

Mestrando em Design (2006).

Especialização em Design da Informação | UFPE (2002)

Bacharel em Desenho Industrial| Projeto do Produto UFPE (1996)

Sócio e Diretor técnico da MAX studio | Computação gráfica 3D.

(representante autorizada Autodesk Media and Entertainment e Adobe)

Dados Gerais

Rua Real da Torre, 375 aptº 201

CEP: 50610-000

Recife, PE – Brasil

Tel.: 55 (81) 3228.7416 / 55 (81) 9272.6143

manoelguedes@hotmail.com

Referências Bibliográficas

- ANDRIOLE, Stephen J. *Storyboard Prototyping: a new approach to user requirements Analysis*. Wellesley: QED Information Sciences, 1989.
- ANGGREENI, Irene Anggreeni. *Prototyping Tools for the Early Stages of Web Design*. Final Thesis. Department of Computer and Information Science, Linköpings universitet, 2006.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-6487> (acessado em março 2007).
- ASIMOV, Morris. *Introduction to Design*. Prentice-Hall, New Jersey, 1962
- AVRAHAMI, Daniel; HUDSON, Scott E.. Forming Interactivity: An tool for Rapid Prototyping of Physical Interactive Products. *Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*. London, 2002.
- BACKX, Hugo Borges, O modelo no projeto de produto: uma proposta para classificação de modelos tridimensionais. *Estudos em Design*, v.2, n.1, p. 81-86, julho, 1994.
- BAUDRILLARD, Jean. *O mundial e o universal*. In: _____. Tela total: mito-ironias da era do virtual e da imagem. Porto Alegre: Sulina, p. 127-132, 1997.
- BAXTER, Mike. *Projeto do produto: Guia Prático para o desenvolvimento de novos produtos*. Tradução de Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- BERNSEN, Niels Ole ;DYBKJAER, Hans; DYBKJAER, Laila. Wizard of OZ prototyping: When and How? CCI Working Papers in *Cognitive Science and HCI*, v. WPCS-94-1, Centre for Cognitive Science, Roskilde University, 1994.
- BOMFIM, G. A. *Metodologia para desenvolvimento de projetos*. João Pessoa: Editora da UFPB, 1995.
- BONSIEPE, Gui. *Teoria y práctica del diseño industrial*. Barcelona: Gustavo Gli, 1978.
- BONSIEPE, Gui. *A Tecnologia da Tecnologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.
- BUCHENAU, Marion; SURI, Jane Fulton. Experience Prototyping. *Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*. New York, p.424-433, 2000.
[www.ideo.com/pdf/FultonSuri&Buchenau-Experience_Prototyping\(ACM_8-00\).pdf](http://www.ideo.com/pdf/FultonSuri&Buchenau-Experience_Prototyping(ACM_8-00).pdf) (acessado em novembro 2006).
- BUDDE, R; KAUTZ, K; KUHLENKAMP, K; H.Zullighoven. *Prototyping: an approach to evolutionary system development*. Berlin: Springer, 1992.

- BULLINGER, H., BREINING, R., BAUER, W. Virtual Prototyping - State of the Art in Product Design. *Proceedings of the 26th International Conference on Computers and Industrial Engineering*. Melbourne, p. 103-107, 1999.
- BUSKIRK, R. Van; MORONEY, B. W. Extending Prototyping. *IBM Systems Journal*. n. 4, p. 613–623, 2003
- BYLUND, Nicklas. *Models, Methods and tools for car body development*. Tese de doutorado. Gothenburg: Lulea University of Techonology – Division of Computer Aided design, 2002.
- CHEN, Jack. SUEDE: *A Speech User-interface Experimenting Design Environment*. Master's Report, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley, CA, 2000.
- CHOI, S. H.; SAMAVEDAM, S. Visualisation of Rapid prototyping. *Rapid Prototyping Jornal*. v.7, n. 2, p.99-114, 2001
- CONSTANTINE, Larry. Cutting Corners: Shotcuts in model-driven web design. *ACM Press*. New York, p.177-184, 2001
- CONSTANTINE, Larry. Rapid Abstract Prototyping. *Software development*, outubro, 1998.
- COOK, Damon J.; BAILEY, Brian P. Understanding Designers' Use of Paper in Early Design and its Implication for Informal Tools. *In Proceedings OzCHI*, 2005.
- COUGHLAN, Peter; MASHMAN, Robert. Once is not enough: repeated exposure to and aesthetic evaluation of an automobile design prototype. *Design Studies* 20. p. 553-563. Great Britain: Elsevier Science, 1999.
- DAI, F., GOBEL, M. "Virtual Prototyping – An Approach Using VR-technique". *Proceedings of the 1994 ASME Computers in Engineering Conference*. Minneapolis, 1994.
- DEARDEN, Andy; SIDDIQI, Jawed; NAGHSH, Amir. Using cognitive dimensions to compare prototyping techniques. *Work in Progress paper at PPIG*, 2003.
- DENIS, Rafael Cardoso. *Design, Cultura material e o Fetichismo dos objetos*. São Paulo: Revista Arcos, v. 1, 1998.
- DIMITROV, D; SCHREVE, K.; BEER, N. Advances in three dimensional printing – State of the art and future perspective. *Esmerald – rapid prototyping jornal*. v.12, n.3. p.136-147, 2006.
- ELLIOTTE, Louise. Collaborative Design: Cut Cycle Times and Costs. *Revista Desktop Engineering*. v.8 n.7. Helmers Publication. Março, 2003.
- EVANS, Mark A. Rapid Prototyping and industrial design practice: Can haptic feedback modeling provide the missing tactile link? *Esmerald - Rapid Prototyping Jornal*. v.11, n.3, p.153-159, 2005

EVANS, Mark A. CAMPBELL, R. Ian. A comparative evaluation of industrial design models produced using rapid prototyping and workshop-based fabrication techniques. *Rapid Prototyping Journal*. v.9, n.5, p. 344-351, 2003.

EVERAERT, Patrícia; BRUGGEMAN, Werner. Cost targets and time pressure during new product development. *Internacional Jornal of Operations & Production Management*. v. 22, n 12, p. 1339-1353, 2002.

FERRARA, Lucrecia D'Alessio. Cidade: Imagem e Imaginário. *Conferência no seminário “imagem da cidade” UFRGS*, Abril, 1994.

FORTI, Fábio Siqueira D'Alessandri Forti. *Uma avaliação do Ensino de prototipagem virtual nas graduações de Design de produto no estado do Rio de Janeiro*. Dissertação. COPPE/UFRJ – Engenharia Civil, 2005

FOX, Brent. *Game Interface Design*. Boston: Thomson course technology, 2005.

GALITZ, Wilberto O. *The essencial guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and techniques*. 2a edição. New York: John Wiley and Sons, 2002 .

GEBHARDT, Andreas. *Rapid Prototyping*. Ohio: Hanser, 2003

GIBSON, I. Rapid Prototyping: A Tool for Product Development. *Computer-Aided Design & Application*, v. 2, n. 6, p. 785-793, 2005

GIBSON, I; BROWN, D. J., COBB, S.V. Virtual Reality and Rapid Prototyping, *Virtual Reality in Engineering, IEE*, p.51-63 London: in Warwick, K., Gray, J. and Roberts, D. (Eds.), 1993

GILL, Robert W. *Basic Rendering: Effective Drawing for designers, Artists and Illustrators*. New York :Thames and Hudson, 1991.

GILL, Steve; et al. How to design and prototype an information appliance in 24 hour – integrating product & Interface design processes. *from the Proceedings of The 6th international conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design*, Delft University of Technology, May 29 - June 1, 2005

GLADDEN, G. (1982), "Stop the life-cycle, I want to get off". *Software Engineering Notes*. ACM SIGSOFT. v. 7, n.2, p. 35-39, 1982.

GREENBERGER, Saul. Prototyping for Design and Evaluation. *CPSC*. California, 1998.

<http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~saul/681/1998/prototyping/survey.html>
(acessado em novembro 2006).

GREEN, T.R.G. & BLACKWELL, A. F. Cognitive Dimensions of information artefacts: a tutorial. Version 1.2. *revision of “Cognitive Dimensions of notations and other Information Artefacts” at HCI’98*, October 1998
<http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/CognitiveDimensions/CDtutorial.pdf>

(acessado em abril 2007)

GRINOVER, Lúcio et al. *Desenho Industrial*. Atividades e trabalhos didáticos, AUP-438, Desenho Industrial III, 1o Projeto. São Paulo: FAUUSP, 1982.

GOLDSCHMIDT, Gabriela; PORTER, William L. *Design Representation*. London: Springer, 2004.

HALL, Stuart. *Identidade Cultural na Pós-modernidade*. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

HARKER, Susan. Rapid Prototyping as a Tool for User Centered Design. *Journal Human-Computer Interaction*, p. 365-372, 1987.

HARTMANN, Bjorn.; S. R. Klemmer, et al. Reflective physical prototyping through integrated design, test, and analysis. In *Proceedings of UIST 2006: ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. Montreux, Switzerland, 2006.

HARTMANN, Bjorn et al. Wizard of Oz Sketch animation for experience prototyping. *proceedings of Ubicomp 2006*, Setembro - 2006.

HOLTZMAN, T. G. Computer-Human Interface solution for emergency medical care. *Interactions*. v.6 n.3, p.13-24, 1999.

HOLMQUIST, Lars Erik. Prototyping: Generating ideas or cargo cult designs? *Interations*, Março-abril, p. 48-54, 2005

HOPKINSON, Neil; DICKENS, Phill. Rapid prototyping for direct manufacture. *Rapid Prototyping Jornal*. v. 7, n. 4, p.197-202 ,2001

HOODE, Stephanie; HILL, Charles. *What do Prototypes Prototype?* Cupertino: Apple Computer, Inc, 2004. Disponível em: <www.viktoria.se/fal/kurser/winograd-2004/Prototypes.pdf>

HOYSNIEMI, Johanna; READ, Janet. Wizard of OZ Studies with Children. *Proceedings of Interact 2005 Workshop on Child Computer Interaction: Methodological Research*. Rome, September, 2005

HUTCHINS, E.L., HOLLAN, J.D. and NORMAN, D.A. Direct manipulation interfaces. *Human-Computer Interaction*. v.1, p. 311-338, 1985

ICSID(International Council of Societies of Industrial Design) *Definition of Design*
<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm> (acessado em Abril/2007)

JONES, Matt; MARSDEN, Gary. *Mobile Interaction design*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2006

KAI, Chua Chee; FAI, Leong Kah; CHU-SING, Lim. *Rapid Prototyping: Principles and Applications*. 2nd edition. Singapore: World Scientific, 2003

KJELDSKOV, J. and HOWARD, S. Envisioning mobile information services: combining userand technology-centered design. *Proceedings of the 6th Asia*

Pacific Conference, APCHI 2004, LNCS 3101. Nova zelândia, Springer, p. 180–190, 2004.

KLEMMER, Scott R. ; SINHA, Anoop K.; CHEN, Jack; LANDAY, James A.; ABOOBAKER, Nadeem Aboobaker; WANG, Annie. A Wizard of Oz Prototyping Tool for Speech User Interfaces. *UIST. CHI Letters.* v.2, n.2, p.1-10, 2000.

LANDAY, James A. DENIM: Finding a Tighter Fit Between Tools and Practice for Web Site Design & The NetRaker Suite of Web Site Usability and Market Research Tools, 2000

<http://http.cs.berkeley.edu/~landay/research/talks/razorfish-denim/index.htm>

(acessado em abril 2007)

LANDAY, J. A., and MYERS, B. A. Interactive sketching for the early stages of user interface design. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., p. 43–50, 1995.

LANDAY, J. A., and MYERS, B. A. Sketching Interfaces: toward more human interface design. *IEEE Computer.* v.34, n.3, p. 56-64, 2001.

LANSDALE, Mark. W.; ORMEROD, Thomas. *Understanding Interfaces: A handbook of human-computer dialogue.* London: Academic Press, 1995.

LIMA, Marco Antônio Magalhães; MEDEIROS, Estevão Neiva. A semântica no projeto de produtos. *Estudos em Design*, p. 69-88, v.8, n.2, Maio, 2000.

LIN, James; NEWMAN, Mark W.; HONG, Jason I.; LANDAY, James A. . DENIM: An Informal tool for early stage web site Design. in *Extended Abstracts of Human Factors in Computing Systems: CHI 2001.* p. 205–206. Seattle, 2001

LIN, James, et. al. DENIM: Finding a Tighter Fit Between Tools and Practice for Web Site Design. *CHI Letters: Human Factors in Computing Systems, CHI 2000*, p.510-517, 2000.

LIN, James. A visual language for a Sketch-Based UI prototyping tool. In *Proceedings CHI '99 Extended Abstracts*. Pittsburgh, PA. p.298-299, 1999.

LIN, James. An Ink and Voice Annotation System for DENIM. 1999.

<http://www.cs.berkeley.edu/~jfc/hcc/courseF99/projects/lin.pdf>

(acessado em abril 2007)

LIU, Guohe et al. Design Animation for Rapid Product Development. *Proceedings of International Conference on Manufacturing Automation*, p.99-106, December 10-12, Hong Kong, 2002.

LOBACH, Bernd. Design Industrial: *Bases para configuração dos produtos industriais*. Tradução de Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blucher, 2001

LOPEZ, Samual M.; WRIGHT, Paul K. The Role of Rapid Prototyping in product development process: A Case Study on ergonomics factors of handheld video game. *Esmerald – rapid prototyping*. v.8, n. 2, p.116-125, 2002

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia Científica*. 4ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

MARCONI, Marina de Andrade; PRESOTTO, Zélia Maria Neves. *Antropologia: uma introdução*. São Paulo: Atlas, 2001

MAULSBY, D., GREENBERG, S. and MANDER, R. Prototyping an intelligent agent through Wizard of Oz. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Amsterdam, 1993.

MEALING, Stuart. *Art and Science of computer animation*. Exeter-England: Intellect, 1998.

MEDLAND, Tony. An Engineering Designer's view of virtual engineering and rapid prototyping. *world class design to manufacture*. MCB university press. v.2, n 3, p.41-44, 1995.

MOGGRIDGE, Bill. *Designing Interactions*. Mit Press, 2006

MUNARI, Bruno. *Das coisas nascem as coisas*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

MUÑOZ, Richard., MILLER-JACOBS, Harold. H., SPOOL, Jared. M., VERPLANK, Bill., In Search of the Ideal Prototype. *CHI '92 Conference Proceedings*. Reading: Addison-Wesley, 1992.

NAM, T. J.; GILL, Steve. Framework for information Ergonomics in industrial design education: Application of a Dynamic rapid prototyping method. *Education Seminar ICSID*, 2001
www.uwic.ac.uk/sped/research/PAIPR/Publications/FullPaper_EducationSeminar_ICSID2001.pdf (acessado em dezembro 2006)

NAM, T. -J.; LEE, W. Integrating hardware and software: augmented reality based prototyping method for digital products. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '03)*. p. 956–957. Flórida: ACM Press, 2003.

NEWELL, A.;SIMON, H.A. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs N.J: Prentice Hall, 1972.

NEWMAN, M.W.; LIN, J.; HONG, J.I.; LANDAY, J.A. "DENIM: An Informal Web Site Design Tool Inspired by Observations of Practice." *Human-Computer Interaction Journal*. v.18, n.3, p. 259-324, 2003.

NEWMAN, M. W; LANDAY, J. A. Sitemaps, Storyboards, and Specifications: A Sketch of Web Site Design Practice. *Proceedings of Designing Interactive Systems*, NewYork, p.263-274, 2000.

- NIELSON, J. Paper versus computer implementations as mockup scenarios for heuristic evaluation. *Proceedings of the Third International Conferences on Human-Computer Interaction*. p. 315-320, 1990.
- NORMAN, Donald A. *Emotional Design*. New York: Basic Books, 2004.
- NORMAN, Donald A. *The Psychology of Everyday Things*. USA.: Basic Books, 1988.
- ONO, Maristela Mitsuko. *Design e Cultura: Sintonia Essencial*. Curitiba: Autores Paranaenses, 2006.
- PETRIE, Jennifer N.; SCHNEIDER, Kevin. Mixed-Fidelity Prototyping of User Interfaces. 2006
<http://www.collectionscanada.ca/obj/s4/f2/dsk3/SSU/TC-SSU-02072006220157.pdf> (acessado em abril 2007)
- RIGHETTI, Xavier. *Study of prototyping tools for user interface design*. Tese de doutorado. Geneva: University of Geneva, 2005
- RRIZZO, Antonio; MARCHIGIANI, Enrica; ANDREADIS, Alessandro. The AVANTI Project: Prototyping and evaluation with a Cognitive Walkthrough based on the Norman's model of action. *ACM Conference on Designing Interactive Systems*. Amsterdam, 1997.
- ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jenny. *Interaction Design: Beyond Human-computer Interaction*. New Delphi: Wiley India, 2002.
- ROOKS, Brian. A Shorter product development time with digital mockup. *Assembly automation*. MCB University press. v. 18, n. 1, p. 34-38, 1998.
- ROSEN, David W. et al (2003). The rapid tooling testbed: a distributed design-for-manufacturing system. *Rapid Prototyping Jornal*. v.9, n.3, p.122-132, 2003.
- ROUSE, Willian B. *Design for Success: A Human-Centred Approach to Designing Successful Products and Systems*. Chinchester: John Wiley & Sons Inc, 1991.
- RUDD, Jim, STERN, Ken, ISENSEE, Scott. Low us High fidelity prototyping debate. *ACM Interactions Interactions*, v. 3, n. 1, p.76–85, 1996.
- SANDERS, E.B."Converging Perspectives: Product Development Research for the 1990s". *Design Management Journal*. Fall, 1992.
- SANTOS, José Luiz dos. *O que é cultura*. São Paulo: Brasiliense, 2006.

SAURA, Carlos Eduardo; DEDINI, Franco Giuseppe. Prototipagem rápida aplicada a cadeira de desenvolvimento de produtos. *X Simpep - Simpósio de engenharia de produção*. São Paulo, 2003
<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais10/engprodprocesso/arq05.PDF>
 (acessado em novembro 2006)

SCHRAGE, M. *Cultures of Prototyping*. (ed. T. Winograd). Bringing Design to Software. Boston: Addison-Wesley, 1996.

SCHUMANN, Jutta et al."Assessing the Effect of Non-Photorealistic Rendered Images in CAD".*In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Common Ground*, p.35-41, 1996.

SHOUQIAM, Sun ; ZONGKAI, Lin. Model and techniques of computer supported cooperative conceptual design. *Journal: Integrated Manufacturing Systems*. Publisher: MCB UP Ltd. v. 14, n.6, p.530 – 536, 2003.

SINHA, Anoop K. et al. SUEDE: Iterative, Informal Prototyping for Speech Interfaces. *Video poster in Human Factors in Computer Systems: CHI 2001 Conference Extended Abstracts*, Seattle, p. 203-204, 2001.

SMITH, P. G. ; REINETSEN, D. G. *Developing products in half the time*. New York: Von Nostrand Reinhold, 1998.

SNYDER, Carolyn. *Paper Prototyping: The fast and easy way to define user interfaces*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

SONG, P., KROVI, V., KUMAR, V., MAHONEY, R. "Design and Virtual Prototyping of Human-worn Manipulation Devices". *Proceedings of the 1999 ASME Design Technical Conference and Computers in Engineering Conference*, DETC99/CIE-9029, Las Vegas, p.11-15, 1999.

SOUZA, Hiran R. *Desenhista de Máquinas*. São Paulo: Pro-tec, 1972.

SURI, Jane Fulton. *Developments in design practice*. San Francisco: IDEO, 2005
http://www.ideo.com/pdf/fultonsuri-developments_in_design_practice.pdf
 (acessado em setembro 2006)

TSENG, M; JIAO. J; SU. C. J. Virtual prototyping for customized product development. *integrated manufacturing systems*. v.9, n.6, p.334-343, 1998.

TVERSKY, Barbara. What do Sketches say about Thinking? Sketch Understanding, *Papers from the AAAI Spring Symposium*. p.148–151, 2002.

TULLIS, T. S. High Fidelity prototyping throughout the design process. *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting (Human Factors Society)*. Santa Monica, p. 266, 1990.

ULLMAN, D. G. *The mechanical design process*. 2a Edição. New York : McGraw-Hill,1997.

ULLMAN, D. G. *The mechanical design process*. 3a Edição. New York : McGraw-Hill, 2003.

ULLMAN, D. G., WOOD, Stephen, CRAIG, David. The Importance of drawing in the mechanical design process. *Computers & Graphics*. v. 14, n.2, p.263-274, 1990.

WAINWRIGHT, Charles. Design: a missing link in manufacturing strategy. *World class design to manufacturing*. v.2, n.3, p.25-32, 1995.

WANG, G. Gary. Definition and Review of Virtual Prototyping. *Transactions of the ASME, Journal of Computing and Information Science in Engineering*. v.2, p. 232-236, 2002.

WALKER, Miriam; TAKAYAMA, Leila; LANDAY, James A. High-fidelity or low-fidelity, paper or computer? Choosing attributes when testing web prototypes. *Proc. Human Factors and Ergonomics Soc. 46th Ann. Meeting, Human Factors and Ergonomics Soc.* p. 661–665, 2002.

WOHLERS, T. *Rapid prototyping & tooling: State of the industry*. Fort Collins: Wohlers Associates, 1998.

WONG, Yin Yin. Rough and ready prototypes: lessons from graphic design. *Posters and short talks of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, California, 1992.

YANG, Maria C. Yang, EPSTEIN, Daniel J. Epstein. *A Study of prototype, design activity e design outcome*. Los Angeles : Elsevier, 2005.

YORK, Judy, PENDHARKAR, Parag C. Human-computer interaction issues for mobile computer in a variable work context. *Human-computer studies*. Middletown: Elsevier, 2004.