

João Vasco Oliveira Mateus

**A influência do *design* da interface gráfica das  
aplicações na aprendizagem de  
tecnologias de projecto 3D**

Mestrado em Comunicação Educacional Multimédia

Orientador: Professor Doutor José Bidarra

Universidade Aberta

Lisboa, 2007







## Agradecimentos

aos alunos da ESAD que participaram de boa vontade nos ensaios já que sem eles não seria possível este trabalho

aos técnicos de informática da ESAD Luís, Helena e Victor que sempre me ajudaram na preparação dos testes

à Tinita com a sua presteza e eficiência nas traduções

aos meus pais João e Fernanda

à Helena que sempre me apoiou e deu força para continuar quando as coisas começavam a ficar mais complicadas

ao João e à Joana que aceitaram as crises do pai

ao Professor José Bidarra pela orientação e principalmente pela paciência



## ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE GRÁFICOS.....	IX
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. Introdução.....	14
1.1 Problema a investigar e justificação da sua pertinência.....	14
1.2 Objectivos da investigação.....	17
2. Tecnologias e interfaces de projecto por computador.....	19
2.1 Considerações gerais.....	19
2.2 Gerações de interfaces.....	19
2.2.1 A Pré-histórica dos computadores – antes de 1945.....	20
2.2.2 Os pioneiros 1945-1955.....	21
2.2.3 Época histórica 1955-1965.....	23
2.2.4 Época tradicional 1965-1980.....	27
2.2.5 Época moderna 1980-1995.....	32
2.2.6 Futuro após 1995.....	37
3. Revisão de bibliografia.....	42
3.1 Interface de utilizador.....	42
3.1.1 Considerações gerais.....	42
3.1.2 Interface gráfica de utilizador.....	45
3.2 Modelos de interacção.....	46
3.2.1 Formas de interacção.....	46
3.2.2 Interface por linha de comandos.....	46
3.2.3 Interface por selecção de menus.....	47
3.2.4 Interface por selecção de ícones.....	48
3.2.5 Interface por manipulação directa.....	49
3.2.6 Interface por preenchimento de formulários.....	49
3.2.7 A melhor interface.....	50
3.3 Interacção pessoa computador.....	50
3.4 Avaliação de interfaces.....	53
3.4.1 Conceito de usabilidade.....	53
3.4.2 Avaliação heurística.....	56
3.4.3 Avaliação ergonómica.....	58
3.5 Engenharia semiótica.....	58
3.6 Ensino aprendizagem das tecnologias CAD 3D.....	60
3.6.1 Antes do paradigma WIMP.....	60
3.6.2 Enquadramento teórico do modelo “ <i>mastery learning</i> ”.....	62
3.6.3 O paradigma WIMP.....	65
3.6.4 Enquadramento teórico do modelo “ <i>construtivista</i> ”.....	65

3.7	Competências de Auto-aprendizagem .....	69
4.	Análise Semiótica das Interfaces .....	73
4.1	As aplicações de projecto 3D por computador .....	73
4.2	Considerações Gerais.....	74
4.3	Interfaces Gráficas de Utilizador .....	75
4.4	Interfaces gráficas de aplicações de projecto 3D.....	76
4.4.1	Áreas de trabalho das interfaces gráficas.....	77
4.4.2	Análise semiótica dos “objectos/ícones” .....	80
5.	Metodologia .....	85
5.1	Perfil da população .....	85
5.2	Caracterização da população.....	86
5.3	Desenho metodológico.....	90
5.3.1	Ensaaios de interacção.....	90
5.3.2	Interface <i>SolidWorks</i> – informação transmitida.....	95
5.3.3	Interface <i>3D Studio MAX</i> – informação transmitida.....	101
5.4	Metodologia de análise de dados – registo automático de movimentos....	106
5.4.1	Reconhecimento da interface – atitudes durante a execução da tarefa 107	
5.4.2	Operacionalidade na construção de objectos: .....	108
5.4.3	Operacionalidade na modificação de objectos:.....	108
5.4.4	Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos: .....	109
5.4.5	Recurso a técnicas de visualização 3D: .....	109
5.5	O método de análise.....	110
6.	Análise de resultados .....	116
6.1	Considerações iniciais.....	116
6.2	Níveis de realização da tarefa .....	118
6.2.1	Aplicação - <i>3D Studio MAX</i> .....	120
6.2.2	Aplicação – <i>SolidWorks</i> .....	123
6.2.3	Estudo comparado - grupos DP e DG.....	127
6.2.4	Estudo comparado - <i>3D Studio MAX</i> e <i>SolidWorks</i> .....	128
6.3	Atitudes durante a execução da tarefa .....	129
6.3.1	Estudo comparado - <i>3D Studio MAX</i> e <i>SolidWorks</i> .....	130
6.4	Operacionalidade na construção de objectos .....	134
6.4.1	Aplicação - <i>3DStudio MAX</i> .....	134
6.4.2	Aplicação - <i>SolidWorks</i> .....	135
6.5	Operacionalidade na modificação de objectos.....	137
6.5.1	Aplicação - <i>3D Studio MAX</i> .....	137
6.5.2	Aplicação – <i>SolidWorks</i> .....	139
6.6	Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos .....	141
6.6.1	Aplicação - <i>3D Studio MAX</i> .....	141
6.6.2	Aplicação - <i>SolidWorks</i> .....	142
6.7	Recurso a técnicas de visualização 3D .....	144
6.7.1	Aplicação - <i>3D Studio MAX</i> .....	144
6.7.2	Aplicação – <i>SolidWorks</i> .....	147
6.8	Autonomias na aprendizagem.....	149
6.8.1	Grupo <i>design</i> de produto (DP) - <i>3D Studio MAX</i> .....	151
6.8.2	Grupo <i>design</i> gráfico (DG) - <i>3D Studio MAX</i> .....	152
6.8.3	Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>3D Studio MAX</i> .....	153
6.8.4	Grupo <i>design</i> de produto (DP) - <i>SolidWorks</i> .....	154
6.8.5	Grupo <i>design</i> gráfico (DG) – <i>SolidWorks</i> .....	155

6.8.6	Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) – <i>SolidWorks</i> .....	156
6.8.7	Estudos comparativos de autonomias .....	157
6.9	Entrevista individual .....	164
6.9.1	Considerações gerais.....	164
6.9.2	As questões colocadas na entrevista .....	165
6.9.3	Análise das respostas dos alunos .....	166
7.	Conclusões .....	177
7.1	A questão de partida.....	177
7.2	Mais questões.....	178
7.3	A investigação.....	179
7.4	As conclusões possíveis.....	180
	Bibliografia .....	184

## ANEXOS

- A - Questionário Sobre Percurso Curricular e Literacia Informática
- B - Guião Da Entrevista
- C - Grelha CESIG (Caracterização da Estrutura Semiótica das Interfaces Gráficas)
- D - Estudos Gráficos
- E – Entrevista. Respostas
- F - Testes De Interação. Resultados - *3D Studio MAX*
- G - Testes De Interação. Resultados - *SolidWorks*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 – II Univac 1107. (Fonte: Exemplar da colecção do Museu Nacional da Ciência e Técnica.).....	22
Figura 2-2 – Interacção com o sistema SAGE. Monitor e caneta luminosa. (Fonte: desconhecida).....	23
Figura 2-3 – O PDP-1 da DEC. O primeiro minicomputador. (Fonte: <i>Digital Equipment Corp.</i> ).....	24
Figura 2-4 - Ivan Sutherland numa consola do MIT TX-1 demonstrando a sua tese de doutoramento. O <i>Sketchpad</i> em 1963 (Fonte: MIT).....	25
Figura 2-5 – DAC 1 da <i>General Motors</i> (Fonte: <i>General Motors</i> ) .....	26
Figura 2-6 – Visualização no monitor DAC 1 (Fonte: <i>General Motors</i> ) .....	26
Figura 2-7 – Demonstração em 1968 do NLS em Joint Computer Conference (Fonte: <i>Designing Interactions</i> ) .....	28
Figura 2-8 – O primeiro rato de Douglas Engelbart (Fonte: <i>Mouse Site</i> ).....	29
Figura 2-9 – Xerox Alto (Fonte <i>Designing Interactions</i> (op. cit.)) .....	30
Figura 2-10 – Xerox Star (Fonte <i>Designing Interactions</i> (op. cit.)) .....	30
Figura 2-11 – IBM PC (Fonte: History of Computers).....	32
Figura 2-12 – Interface do <i>AutoCad</i> 1.4 (Fonte: AutoCad History) .....	33
Figura 2-13 – Apple Lisa (Fonte: Club Old Bits) .....	33
Figura 2-14 – Macintosh (Fonte: History of Computers) .....	34
Figura 2-15 – Interface do <i>AutoCad</i> 10 (Fonte: Fonte: História do AutoCAD .....	34
Figura 2-16 – <i>GUI X-Windows</i> (Fonte: <i>History of Computers</i> (op. cit.)) .....	35
Figura 2-17 – Interface Windows 3.1 (Fonte: Windows History).....	35
Figura 2-18 – Interface do <i>AutoCad</i> 13 (Fonte: História do AutoCAD) .....	36
Figura 2-19 – Interfaces do <i>AutoCad</i> 2000 4 2004 (Fonte: História do <i>AutoCAD</i> ) ..	37
Figura 2-20 – Interface do <i>SolidWorks</i> 2004 .....	38
Figura 2-21 – Interface do <i>Bryce 5.5</i> (Fonte: <i>Jimco Software Reviews</i> ) .....	38
Figura 2-22 – Sistema <i>PHANTOM</i> (Fonte: <i>SensAble Technologies, Inc</i> ) .....	39
Figura 2-23 – Evolução das interfaces (Fonte: A Collective Timeline) .....	40
Figura 3-1 – Micro e macro medidas de usabilidade (Fonte: Hornbæk (2005)) .....	55
Figura 3-2 – Os desafios em medir a usabilidade (Fonte: Hornbæk (2005)).....	55
Figura 3-3 – <i>Design</i> centrado no utilizador comparado com Engenharia Semiótica (Fonte: The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction).....	59
Figura 4-1 –Estrutura semiótica da interface gráfica <i>SolidWorks</i> .....	78
Figura 4-2 – Estrutura semiótica da interface gráfica <i>3D Studio MAX</i> .....	79
Figura 4-3 – Ícones de visualização dinâmica .....	80
Figura 4-4 – Ícones de visualização (diferentes vistas no espaço) .....	81
Figura 4-5 – Ícones de construção 3D (operações).....	82
Figura 4-6 – Ícones de construção 3D (primitivas) .....	82
Figura 4-7 – Painel de construção 3D (primitivas).....	82
Figura 5-1 – Modelo a executar pelos alunos (visto de frente).....	91
Figura 5-2 – Modelo a executar pelos alunos (visto de trás) .....	92
Figura 5-3 – Modelo digital interactivo (visto de frente) .....	93
Figura 5-4 – Modelo digital interactivo (visto de trás) .....	94

Figura 5-5 – Interface gráfica do <i>SolidWorks</i> .....	95
Figura 5-6 – Técnica de selecção de planos.....	96
Figura 5-7 – Activação da barra de ferramentas 2D .....	97
Figura 5-8 – Aspecto da barra de ferramentas 2D do <i>SolidWorks</i> .....	97
Figura 5-9 – Construção do <i>sketch</i> 2D.....	98
Figura 5-10 – Activação da barra de ferramentas 3D .....	98
Figura 5-11 – Aspecto da barra de ferramentas 3D do <i>SolidWorks</i> .....	98
Figura 5-12 – Execução da operação 3D <i>Boss Extrude</i> .....	99
Figura 5-13 – Técnica para edição do <i>sketch</i> 2D.....	99
Figura 5-14 – Conclusão da operação 3D <i>Boss Extrude</i> .....	100
Figura 5-15 – Barra de ferramentas de visualização.....	100
Figura 5-16 – Início de um novo <i>sketch</i> num plano (faces).....	101
Figura 5-17 – Interface gráfica do <i>3D Studio MAX</i> .....	101
Figura 5-18 – Painéis de construção (activação do objecto <i>BOX</i> ).....	103
Figura 5-19 – Menu flutuante (activado com o botão direito do rato).....	103
Figura 5-20 – Visualização dos eixos para translação ( <i>MOVE</i> ) .....	104
Figura 5-21 – Visualização dos auxiliares de rotação ( <i>ROTATE</i> ) .....	104
Figura 5-22 – Visualização dos auxiliares de homotetia ( <i>SCALE</i> ).....	104
Figura 5-23 – Painel de modificação de parâmetros.....	105
Figura 5-24 – Barra de ferramentas de visualização.....	105
Figura 5-25 – Visualização dos auxiliares de manipulação dinâmica da vista.....	105
Figura 6-1 – Modelo a executar pelos alunos .....	118
Figura 6-2 – Ao fim de 5 minutos com 30% de tarefa concluída .....	119
Figura 6-3 – Ao fim de 20 minutos com 60% de tarefa concluída .....	119
Figura 6-4 – Ao fim de 30 minutos com 90% de tarefa concluída .....	119

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 – Pré-história dos computadores (Adaptado de Nielsen ) .....	20
Quadro 2-2 – Os pioneiros 1945-1955 (Adaptado de Nielsen ) .....	21
Quadro 2-3 – Época histórica 1955-1965 (Adaptado de Nielsen ) .....	23
Quadro 2-4 - Época tradicional 1965-1980 (Adaptado de Nielsen ) .....	27
Quadro 2-5 – Época moderna 1980-1995 (Adaptado de Nielsen ).....	32
Quadro 2-6 – Futuro após 1995 (Adaptado de Nielsen ) .....	37
Quadro 3-1 – Características que definem uma interface gráfica GUI (Adaptado de Mandel ) .....	45
Quadro 3-2 – Vantagens e inconvenientes da interface por linha de comandos. (Adaptado de Mandel) .....	47
Quadro 3-3 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Mandel) .....	47
Quadro 3-4 - Características dos ícones gráficos.....	48
Quadro 3-5 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Shneiderman) .....	49
Quadro 3-6 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Shneiderman) .....	49
Quadro 3-7 – Áreas de conhecimento relacionadas com HCI.....	50
Quadro 3-8 – Critérios ergonómicos de Scapin e Bastien .....	51
Quadro 3-9 - As dez heurísticas segundo Nielsen e Molich .....	57
Quadro 3-10 - As oito regras de ouro segundo Shneiderman .....	57
Quadro 3-11 – Regras ergonómicas segundo Scapin .....	58
Quadro 4-1 – Aplicações de CAD e modelação 3D analisadas.....	73
Quadro 4-2 – Aspectos de caracterização na grelha CESIG.....	77
Quadro 5-1 – Percurso curricular na área da geometria e matemática .....	87
Quadro 5-2 – Percurso curricular na área da informática .....	87
Quadro 5-3 – Programas informáticos utilizados frequentemente pelos alunos.....	87
Quadro 5-4 – Frequência de cursos de projecto por computador .....	88
Quadro 5-5 – Tipo de utilização da Internet .....	88
Quadro 5-6 – Tabela de conversão do número de ocorrências numa escala de Lickert .....	110
Quadro 5-7 – Tabela de registo de ocorrências ( as letras A, B, C,... traduzem comportamentos).....	110
Quadro 5-8 – Tabela resultante após aplicação do quadro 5-6.....	111
Quadro 5-9 – Tabela síntese de resultados do grupo .....	111
Quadro 5-10 – Tabela síntese de resultados do grupo em valores percentuais .....	111
Quadro 5-11 – Tabela de registo de intervalos de autonomia .....	112
Quadro 5-12 – Tabela síntese de intervalos de autonomia .....	113
Quadro 5-13 – Tabela síntese de intervalos de autonomia com os valores acumulados .....	113
Quadro 5-14 – Tabela síntese de intervalos de autonomia com os valores acumulados em valores percentuais.....	113
Quadro 6-1 – Subdivisão da tarefa por componentes .....	118

Quadro 6-2 – Estudos gráficos.....	120
Quadro 6-3 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> e ao grupo DG.	120
Quadro 6-4 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> e ao grupo DP .	122
Quadro 6-5 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> e ao grupo DG.....	124
Quadro 6-6 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> e ao grupo DP .....	125
Quadro 6-7 – Comportamentos observados no <i>3D Studio MAX</i> .....	130
Quadro 6-8 – Comportamentos observados no <i>SolidWorks</i> .....	130
Quadro 6-9 – Tabela síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> ao grupo DP....	130
Quadro 6-10 – Tabela síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> ao grupo DG ..	131
Quadro 6-11 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DP .....	131
Quadro 6-12 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DG .....	132
Quadro 6-13 – Comportamentos observados - Operacionalidade na construção de objectos .....	134
Quadro 6-14 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DP ...	134
Quadro 6-15 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DG...	134
Quadro 6-16 – Comportamentos observados - Operacionalidade na construção de objectos .....	135
Quadro 6-17 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DP .....	136
Quadro 6-18 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DG .....	136
Quadro 6-19 – Comportamentos observados - Operacionalidade na modificação de objectos .....	138
Quadro 6-20 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DP ...	138
Quadro 6-21 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DG...	138
Quadro 6-22 – Comportamentos observados - Operacionalidade na modificação de objectos .....	139
Quadro 6-23 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DP .....	140
Quadro 6-24 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DG .....	140
Quadro 6-25 – Comportamentos observados - Operacionalidade na manipulação de objectos .....	141
Quadro 6-26 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DP ...	141
Quadro 6-27 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3DStudio MAX</i> ao grupo DG...	142
Quadro 6-28 – Comportamentos observados - Operacionalidade na manipulação de objectos .....	143
Quadro 6-29 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DP .....	143
Quadro 6-30 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DG .....	143
Quadro 6-31 – Comportamentos observados - Recurso a técnicas de visualização 3D .....	144
Quadro 6-32 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> ao grupo DP ..	145
Quadro 6-33 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>3D Studio MAX</i> ao grupo DG..	145
Quadro 6-34 – Comportamentos observados - Recurso a técnicas de visualização 3D .....	147
Quadro 6-35 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DP .....	147
Quadro 6-36 – Tabela Síntese referente à aplicação <i>SolidWorks</i> ao grupo DG .....	148
Quadro 6-37 – Estudos gráficos efectuados.....	150
Quadro 6-38 – Valores acumulados – Grupo DP - <i>3D Studio MAX</i> .....	151
Quadro 6-39 – Valores acumulados – Grupo DG - <i>3D Studio MAX</i> .....	152
Quadro 6-40 – Valores acumulados - Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>3D Studio MAX</i> .....	153
Quadro 6-41 – Valores acumulados – Grupo DP - <i>SolidWorks</i> .....	154
Quadro 6-42 – Valores acumulados – Grupo DG - <i>SolidWorks</i> .....	155

Quadro 6-43 – Valores acumulados - Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>SolidWorks</i> .....	156
Quadro 6-44 – Estudos gráficos efectuados.....	157
Quadro 6-45 – Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> – (Acon) .....	158
Quadro 6-46 – Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> – (Amod).....	159
Quadro 6-47 – Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> – (Aman) .....	161
Quadro 6-48 – Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> – (Avis) .....	163
Quadro 6-49 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DP.....	166
Quadro 6-50 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DG .....	166
Quadro 6-51 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DP.....	168
Quadro 6-52 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DG .....	168
Quadro 6-53 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DP.....	168
Quadro 6-54 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DG .....	168
Quadro 6-55 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DP.....	169
Quadro 6-56 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DG .....	169
Quadro 6-57 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DP.....	170
Quadro 6-58 – <i>3D Studio MAX</i> e Grupo DG .....	170
Quadro 6-59 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DP.....	171
Quadro 6-60 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DG .....	171
Quadro 6-61 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DP.....	172
Quadro 6-62 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DG .....	172
Quadro 6-63 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DP.....	173
Quadro 6-64 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DG .....	173
Quadro 6-65 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DP.....	174
Quadro 6-66 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DG .....	174
Quadro 6-67 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DP.....	174
Quadro 6-68 – <i>SolidWorks</i> e Grupo DG .....	174



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no utilizador experiente. Adaptado de Nielsen (1993).....	61
Gráfico 3-2 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no novo utilizador. Adapado de Nielsen (1993) .....	65
Gráfico 5-1 – Estudo gráfico das autonomias na aprendizagem do grupo DP com o <i>3D Studio MAX</i> .....	114
Gráfico 6-1 – Níveis de realização aos 5 minutos – DG - <i>3D Studio MAX</i> .....	121
Gráfico 6-2 – Níveis de realização aos 15 minutos – DG - <i>3D Studio MAX</i> .....	121
Gráfico 6-3 – Níveis de realização aos 30 minutos – DG - <i>3D Studio MAX</i> .....	121
Gráfico 6-4 – Níveis de realização aos 5 minutos – DP - <i>3D Studio MAX</i> .....	122
Gráfico 6-5 – Níveis de realização aos 15 minutos – DP - <i>3D Studio MAX</i> .....	122
Gráfico 6-6 – Níveis de realização aos 30 minutos – DP - <i>3D Studio MAX</i> .....	123
Gráfico 6-7 – Níveis de realização aos 5 minutos – DG - <i>SolidWorks</i> .....	124
Gráfico 6-8 – Níveis de realização aos 15 minutos – DG - <i>SolidWorks</i> .....	124
Gráfico 6-9 – Níveis de realização aos 30 minutos – DG - <i>SolidWorks</i> .....	124
Gráfico 6-10 – Níveis de realização aos 5 minutos – DP - <i>SolidWorks</i> .....	125
Gráfico 6-11 – Níveis de realização aos 15 minutos – DP - <i>SolidWorks</i> .....	126
Gráfico 6-12 – Níveis de realização aos 25 minutos – DP - <i>SolidWorks</i> .....	126
Gráfico 6-13 – Níveis de realização aos 30 minutos – DP - <i>SolidWorks</i> .....	126
Gráfico 6-14 – Níveis de realização comparado (DP - DG) – <i>3D Studio MAX</i> .....	127
Gráfico 6-15 – Níveis de realização comparado (DP - DG) – <i>SolidWorks</i> .....	128
Gráfico 6-16 – Níveis de realização comparado ( <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> ) - DG .....	129
Gráfico 6-17 – Níveis de realização comparado ( <i>3D Studio MAX</i> – <i>SolidWorks</i> ) - DP .....	129
Gráfico 6-18 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no utilizador experiente. Adaptado de Nielsen (1993).....	149
Gráfico 6-19 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no novo utilizador. Adapado de Nielsen (1993) .....	149
Gráfico 6-20 – Grupo DP - <i>3D Studio MAX</i> .....	151
Gráfico 6-21 – Grupo DG - <i>3D Studio MAX</i> .....	152
Gráfico 6-22 – Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>3D Studio MAX</i> .....	153
Gráfico 6-23 – Grupo DP - <i>SolidWorks</i> .....	154
Gráfico 6-24 – Grupo DG - <i>SolidWorks</i> .....	155
Gráfico 6-25 – Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) – <i>SolidWorks</i> .....	156
Gráfico 6-26 – Estudo comparado - Autonomia na construção de objectos - <i>3D Studio MAX</i> .....	158
Gráfico 6-27 – Estudo comparado - Autonomia na construção de objectos – <i>SolidWorks</i> .....	158
Gráfico 6-28 – Estudo comparado -Autonomia na modificação de objectos - <i>3D Studio MAX</i> .....	159
Gráfico 6-29 – Estudo comparado -Autonomia na modificação de objectos - <i>SolidWorks</i> .....	160

Gráfico 6-30 – Estudo comparado - Autonomia na manipulação de objectos - <i>3D Studio MAX</i> .....	161
Gráfico 6-31 – Estudo comparado - Autonomia na manipulação de objectos - <i>SolidWorks</i> .....	161
Gráfico 6-32 – Estudo comparado - Autonomia na visualização - <i>3D Studio MAX</i> ..	163
Gráfico 6-33 – Estudo comparado - Autonomia na visualização - <i>SolidWorks</i> .....	163
Gráfico 6-34 – A. Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> - DP e DG .....	167
Gráfico 6-35 – B. Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> - DP e DG .....	168
Gráfico 6-36 –C. Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> - DP e DG .....	169
Gráfico 6-37 – D. Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> - DP e DG .....	170
Gráfico 6-38 – E. Estudo comparado – <i>3D Studio MAX</i> - DP e DG .....	170
Gráfico 6-39 – F. Estudo comparado – <i>SolidWorks</i> - DP e DG .....	171
Gráfico 6-40 – G. Estudo comparado – <i>SolidWorks</i> - DP e DG.....	172
Gráfico 6-41 – H. Estudo comparado – <i>SolidWorks</i> - DP e DG.....	173
Gráfico 6-42 – I. Estudo comparado – <i>SolidWorks</i> - DP e DG .....	174
Gráfico 6-43 – J. Estudo comparado – <i>SolidWorks</i> - DP e DG .....	175

## RESUMO

No âmbito da actividade docente, numa Escola de *Design*, com o objectivo de ensinar tecnologias de projecto por computador, temos constatado que apesar da semelhança estrutural e semiótica das interfaces, as curvas de aprendizagem são muito distintas, não só ao nível das aplicações como em cada variante dos cursos de *design*.

Procurámos estabelecer um paralelismo evolutivo ao nível das tecnologias e da contribuição das teorias que envolvem Interacção Pessoa-Computador no desenvolvimento das interfaces gráficas abordando os aspectos da psicologia cognitiva e modelos mentais que considerámos pertinentes na análise efectuada.

A investigação empírica centrou-se em ensaios de interacção num primeiro contacto com duas aplicações (CAD e modelação 3D) de projecto por computador a grupos de alunos diferenciados pelo ramo de *Design* (produto e gráfico).

Situámos o estudo na mediação da *aprendizagem através da tecnologia* e não apenas na *aprendizagem da tecnologia*. Por este facto ao pretendermos avaliar a influência dos aspectos ergonómicos e comunicacionais das interfaces num enquadramento pedagógico, visando fundamentalmente a compreensão dos fenómenos cognitivos desenvolvidos pelos sujeitos em contexto de aprendizagem, justificamos a não opção integral pelas fórmulas típicas de comparação de interfaces e análise da usabilidade dos sistemas e a adopção de metodologias ligadas à engenharia semiótica.

Globalmente os resultados permitiram, qualitativamente, descrever e compreender processos e formas de aprender no sentido de que possam produzir efeitos positivos, embora diferidos, na selecção e definição de novas estratégias de ensino que resultem numa redução do tempo de aprendizagem e facultem as competências de auto-aprendizagem essenciais para a proficiência exigida nestas tecnologias.



## ABSTRACT

As a teacher in a *Design* School, teaching computerized project technologies, we become aware that despite the structural and semiotic similarity of interfaces, the learning curves are distinct not only in what the software applications are concerned but also in what regards each variety of courses of *design*.

We tried to establish an evolving parallelism of the technologies and of the contribution of the theories which involve the Human Computer Interaction in the development of graphic interfaces approaching the aspects of cognitive psychology and mental models which we considered to be pertinent in the analysis performed.

The empirical investigation was mostly based on interaction experiments in an initial contact with two systems (CAD and 3D modelling) of computer project to groups of students divided by the *Design* Course branch (product and graphic).

We positioned the study on the mediation of *learning through technology* and not only *of the technology itself*. Therefore, in intending to evaluate the influence of the ergonomic and communicative aspects of the interfaces in a pedagogic framework aiming mainly the understanding of the cognitive phenomena developed by the subjects in a learning topic/theme, we justify the non integral option of the typical ways of comparing interfaces and of the systems' usability analysis and the implementation of methods connected with semiotic engineering.

All in all, the results allowed the qualitative description and understanding of processes and ways of learning, aiming at the production of positive effects, although deferred, in the selection and definition of new teaching strategies that can result in a decrease of the learning time and endorse the self-learning skills that are essential to the proficiency required for these technologies.



CAPÍTULO 1  
INTRODUÇÃO



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Problema a investigar e justificação da sua pertinência

A questão central deste estudo prende-se com o ensino das tecnologias de projecto por computador vulgarmente *designadas* por CAD<sup>1</sup>. Tal como Reeves (1998)<sup>2</sup>, num relatório sobre o impacto dos media e das tecnologias nas escolas, quando se refere aos computadores e respectivas aplicações como ferramentas cognitivas, o envolvimento como professor de tecnologias CAD leva-nos a interpretar estes sistemas como ferramentas, de produtividade no seu propósito industrial mas fortemente cognitivas em termos educacionais quando aplicadas ao *design*. A citação do relatório de Reeves (op. cit:17) traduz o que acabamos de referir:

*“In the cognitive tools approach, information is not encoded in predefined educational communications which are then used to transmit knowledge to students. Indeed, with cognitive tools, the need for formal instructional systems design processes are reduced. Instead of specialists such as instructional designers shaping students learning via prescribed communications and interactions, media and technology are given directly to learners to use for representing and expressing what they know. Learners themselves function as designers using media and technology as tools for analyzing the world, accessing and interpreting information, organizing their personal knowledge, and representing what they know to others.”*

A formação inicial de professor do ensino secundário apesar leccionar há anos numa escola superior leva-nos a considerar, especialmente no domínio do projecto por computador, a vertente pedagógica como fundamental para um efectivo desenvolvimento de competências nos alunos. No ensino das tecnologias CAD as interfaces gráficas mesmo não tendo as características de um programa educacional

---

<sup>1</sup> CAD – *Computer Aided Design* (2D ou 3D)

<sup>2</sup> REEVES, T. C. (1998). *The impact of media and technology in schools – A research report prepared for the Bertelsmann Foundation: The University of Georgia.*

Disponível em linha <http://it.coe.uga.edu/~treeves/edit6900/BertelsmannReeves98.pdf> consultado em (10-5-2006)

possuem, quanto a nós, qualidades pedagógicas que podem ser exploradas pelos professores.

Recordo Ponte (1986)<sup>3</sup> quando, a propósito do computador no ensino defendia que “...o uso dos computadores pode ser de grande valor como ferramenta de trabalho em diversas áreas disciplinares, na pesquisa de informação, na formação e consolidação e conceitos, no desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas, e na compreensão do processo de aplicação das teorias às situações da vida real”.

Anos antes, na década de oitenta, Taylor (1980)<sup>4</sup> definia categorias sobre as modalidades de uso educacional do computador propondo metáforas que hoje se podem adaptar às aplicações de projecto 3D que analisamos neste estudo. A metáfora da ferramenta (*tool*), em que o computador é algo que permite ao aluno simplificar tarefas onde a função mediadora da tecnologia se destaca. A metáfora da construção, em que o computador é entendido como aluno (*tutee*, na terminologia de Taylor), ou seja, algo para o aluno "pensar com", no sentido que lhe foi atribuído por Papert<sup>5</sup> nos seus textos, em que o aluno controla a interface levando o computador a simular o projecto que tinha em mente. A noção de micromundo (lugar onde se actua, se fazem coisas) permite que o aluno construa ideias novas através da sua actividade exploradora fundamental no processo dialéctico do *Design*. O desafio do aluno (futuro *designer*) é actuar de modo a que a tecnologia faça qualquer coisa, num modelo que se inspira, numa primeira fase, na aprendizagem pela descoberta. Até que ponto a interface facilita este tipo de aprendizagem é o foco do nosso ensaio.

Lévy (1994)<sup>6</sup> ao referir que o “sujeito cognitivo colectivo” depende dos novos “equipamentos colectivos de inteligência” sendo necessário enfatizar o “ambiente cognitivo e a rede de relações humanas a instituir”. Assim, o indivíduo sente-se envolvido na estruturação e construção do seu conhecimento e “quanto mais activamente, o aluno participa na aquisição de um saber, melhor integra e retém aquilo que aprendeu” .

---

<sup>3</sup> PONTE, J. (1986). *O computador - um instrumento de educação*. Lisboa: Texto Editora.

<sup>4</sup> TAYLOR, R. (1980). *The computer in the school - Tutor, Tool, Tutee*. New York: Teachers College Press.

<sup>5</sup> Disponível em linha <http://www.papert.org/works.html> consultado em (10-5-2005)

<sup>6</sup> LÉVY, P. (1994). *As Tecnologias da Inteligência*. Lisboa: Instituto Piaget.

Em projecto por computador o professor pode usar a interacção como facilitador da orientação ao longo de etapas definidas e acreditamos que esta pode contribuir para aumentar a motivação dos alunos e despertar curiosidade pelos conteúdos. As estratégias, a forma como são apresentados os temas condicionarão o estímulo para explorar, logo, a vontade de aprender.

Ao analisarmos as interfaces das aplicações de projecto 3D (CAD e modelação 3D), disponíveis no mercado actual, com foco nas estruturas semióticas verificamos que são muito semelhantes apesar de utilizarem representações visuais (iconografia) distintas em determinados aspectos. Todas se baseiam na metáfora do estirador de desenho com uma área de trabalho disponível apresentando o resultado das acções e interacções e se vai preenchendo com os elementos do projecto 3D. Menus com elementos de texto e barras de ferramentas com ícones típicos da tecnologia complementam a metáfora disponibilizando todo um arsenal de equipamentos virtuais necessários ao projecto.

Nas disciplinas de projecto 3D por computador normalmente são exploradas pelos alunos aplicações comerciais como *AutoCAD*, *SolidWorks*, *3D Studio Max* entre outras. Assistimos desde há 15 anos evoluções significativas destas aplicações em termos operacionais mas sobretudo ao nível das interfaces gráficas e esta experiência permite-nos intuir que apesar de, actualmente, todas apresentarem interfaces com estruturas semióticas idênticas, a eficiência em termos de aprendizagem parece variar, ou seja, a curva de aprendizagem difere para cada uma delas. A eficiência a que nos referimos pode ser descrita como o período de tempo entre o início da aprendizagem e um ponto onde o aluno adquire autonomia suficiente para desenvolver projectos conceptuais não orientados.

O presente estudo passa pela compreensão dos fenómenos cognitivos provocados pelas interfaces das aplicações de projecto 3D durante uma primeira fase da aprendizagem de alunos de *design*. Os processos a utilizar, que se traduzem na determinação e selecção de variáveis cognitivas, no funcionamento dos sujeitos em contexto de aprendizagem, visam descrever para compreender, na expectativa de que os resultados possam produzir efeitos positivos, embora diferidos, em futuras estratégias de ensino ou na prática dos actores que eventualmente determinem numa redução significativa no tempo de aprendizagem.

A questão de partida base deste projecto traduzia as dúvidas que habitualmente emergem ao iniciarmos a tarefa de professor de tecnologias de projecto 3D por computador:

***De que modos o design da interface das aplicações 3D influencia a curva de aprendizagem dos alunos?***

A envolvente do estudo, uma escola de *design* e a aplicação da tecnologia em *design*, levou-nos a colocar questões secundárias:

***De que forma aplicações diferentes com interfaces semelhantes afectarão a curva de aprendizagem dos alunos?***

***A curva de aprendizagem de cada interface é semelhante para alunos de cursos distintos?***

Situámos o estudo na mediação da aprendizagem através da tecnologia e não apenas na aprendizagem da tecnologia. Por este facto, ao pretendermos avaliar a influência dos aspectos ergonómicos e comunicacionais das interfaces num enquadramento pedagógico visando fundamentalmente a compreensão dos fenómenos cognitivos desenvolvidos pelos sujeitos em contexto de aprendizagem, justificamos a não opção integral pelas fórmulas típicas de comparação de interfaces e análise da usabilidade dos sistemas e a adopção de metodologias ligadas à engenharia semiótica.

## **1.2 Objectivos da investigação**

- Inferir, a partir da análise de dados empíricos, sobre a importância da estrutura semiótica e dos elementos simbólicos, incluídos na interface gráfica, na aprendizagem das aplicações CAID<sup>7</sup>;
- Compreender os fenómenos cognitivos provocados pela estrutura da interface numa dada população com características específicas e a forma como esta desenvolve processos mentais comuns;
- Definir teoricamente, com base nas conclusões, “a interface ideal” de um sistema de CAD 3D adaptado ao ensino da tecnologia em *design*.

---

<sup>7</sup> CAID – Computer Aided Industrial *Design*

CAPÍTULO 2  
TECNOLOGIAS E  
INTERFACES  
DE PROJECTO POR COMPUTADOR



## 2. TECNOLOGIAS E INTERFACES DE PROJECTO POR COMPUTADOR

### 2.1 Considerações gerais

Para termos uma perspectiva da evolução das interfaces e como os diversos paradigmas de interacção se foram estabelecendo apresentamos neste capítulo um historial breve da computação interactiva identificando os episódios que marcaram as transições mais significativas.

### 2.2 Gerações de interfaces

Baseado em estudos e levantamentos históricos da época, Nielsen (1993)<sup>8</sup> identificou seis gerações de interfaces relacionando a evolução tecnológica de hardware com o modo de operação, a linguagem de programação, a tecnologia de visualização, o tipo de utilizadores, a imagem pública e estabelece o paradigma da interface e cada uma das gerações. Ao período antes de 1945 denominou a pré-história dos computadores onde o conceito de interface não se aplicava. No período seguinte, entre 1945 e 1955, caracterizado pelo pioneirismo seguiu-se a fase histórica, entre 1955 e 1965, onde imperavam as linguagens de comando que evoluíram com a utilização de menus e o aproveitamento integral do ecrã no período apelidado de tradicional, entre 1965 e 1980. Com a descoberta do rato entrou-se na geração das interfaces gráficas WIMP<sup>9</sup>, entre 1980 e 1995, considerada a época moderna. Com o conhecimento de trabalhos de investigação em curso, Nielsen (1993)<sup>10</sup>, refere-se prospectivamente a uma eventual nova geração de interfaces baseados em sistemas não baseados em comandos.

---

<sup>8</sup> NIELSEN, J. (1993). *Usability engineering*. Boston ; London: Academic Press; pp 49-66

<sup>9</sup> WIMP – *Window – icons – menus - pointing device*.

<sup>10</sup> NIELSEN, J. (1993). *Noncommand user interfaces*. Paper presented at the Communications of the ACM, New York.

Sem pretendermos ser exaustivos apresentamos cronologicamente os factos que consideramos relevantes na tentativa de situar a evolução das interfaces em paralelo com a computação gráfica<sup>11</sup> e os sistemas CAD<sup>12</sup>.

### 2.2.1 A Pré-histórica dos computadores – antes de 1945

Quadro 2-1 – Pré-história dos computadores (Adaptado de Nielsen )

<b>Tecnologia de <i>hardware</i></b>
Mecânica e electromecânica
<b>Modo de operação</b>
Usado somente para cálculos
<b>Linguagem de programação</b>
Movimento de cabos e chaves
<b>Tecnologia de visualização</b>
Interpretação de luzes que piscam e cartões perfurados
<b>Tipo de utilizadores</b>
Os próprios inventores
<b>Imagem pública</b>
Nenhuma (computadores não saíram dos laboratórios)
<b>Paradigma de interface</b>
Nenhum

A bibliografia sobre a história dos computadores atribui a Charles Babbage o mérito de ter desenvolvido, em 1822, o primeiro artefacto analítico considerado computador.

Mais tarde Herman Hollerith, em 1890, inventou uma máquina baseada em cartões perfurados que possibilitou efectuar o censo dos Estados Unidos em seis semanas quando a último teria demorado sete anos. De referir que, em 1896, Hollerith<sup>13</sup> fundou a empresa Tabulating Machine Company que viria a denominar-se IBM em 1924.

<sup>11</sup> Informações obtidas em linha "A Critical History of Computer Graphics and Animation" <http://accad.osu.edu/~waynec/history/lessons.html> consultado em 10-09-2006

<sup>12</sup> Informações obtidas em linha "CAD software – History of CAD/CAM", <http://www.cadazz.com/>, consultado em 10-09-2006

<sup>13</sup> História da IBM. Informação retirada de [http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/history\\_intro.html](http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/history_intro.html) consultado em 10-09-2006

Financiado pela IBM foi desenvolvido, em 1943 na Universidade de Harvard a primeira calculadora controlada por um programa, Harvard Mark I com o objectivo de criar tabelas balísticas a utilizar pela marinha dos Estados Unidos.

Os computadores começavam a ser utilizados para fins sociais ou bélicos deixando de ser puramente artefactos académicos.

### 2.2.2 Os pioneiros 1945-1955

Quadro 2-2 – Os pioneiros 1945-1955 (Adaptado de Nielsen )

<b>Tecnologia de <i>hardware</i></b>
Válvulas, máquinas enormes e com alta ocorrência de falha
<b>Modo de operação</b>
Um utilizador usa a máquina durante um espaço de tempo limitado
<b>Linguagem de programação</b>
Linguagem máquina (código binário)
<b>Tecnologia de visualização</b>
TTY. Máquina de escrever. Usados apenas nos centros de computação
<b>Tipo de utilizadores</b>
Especialistas e inventores pioneiros
<b>Imagem pública</b>
Computador como máquina para cálculos
<b>Paradigma de interface</b>
Programação em <i>batch</i>

Muitos anos após o matemático Boole ter definido os princípios da álgebra binária em 1848 nasce o primeiro computador electrónico, o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) criado em 1946. Executava mais de 100 mil operações por segundo e foi inicialmente usado para o cálculo de trajectórias balísticas e outras operações militares.

É em 1947 que nasce a Associação Americana de Informática, ACM (*Association for Computing Machinery*), actualmente, com milhares de membros investigadores e estudantes.

Foi em 1950 que investigadores do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) utilizam tubos de raios catódicos (CRT) e impressoras de linhas para criar imagens de objectos gráficos antecipando uma nova era para a computação gráfica.

O primeiro computador comercial com imagem de mercado foi o UNIVAC I que, em 1952 é vendido ao Departamento de Censos do Estados Unidos.



**Figura 2-1 – II Univac 1107. (Fonte: Exemplar da colecção do Museu Nacional da Ciência e Técnica.)**

### 2.2.3 Época histórica 1955-1965

Quadro 2-3 – Época histórica 1955-1965 (Adaptado de Nielsen )

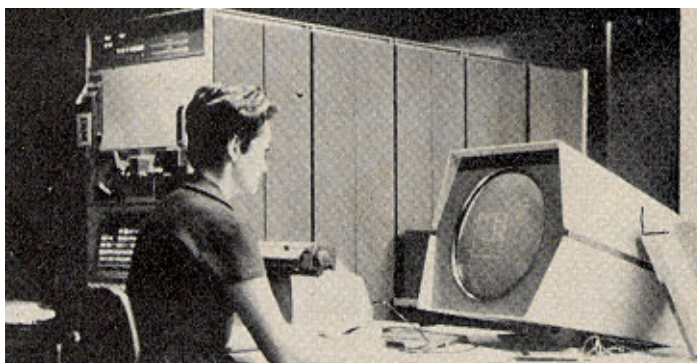
<b>Tecnologia de hardware</b>
Transístor. Computadores começam a ser usados fora de laboratórios.
<b>Modo de operação</b>
Indirecto. O computador central era como um templo.
<b>Linguagem de programação</b>
Linguagem máquina (assembler)
<b>Tecnologia de visualização</b>
Terminais de linha ( <i>glass</i> –TTY)
<b>Tipo de utilizadores</b>
Tecnocratas, profissionais de computação
<b>Imagem pública</b>
Computador como um processador de Informação
<b>Paradigma de interface</b>
Linguagem de comandos

Em 1955 entra em funcionamento o sistema SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), considerado a primeira aplicação gráfica de monitorização e controlo. Utilizava um ecrã (CRT) para visualizar a informação gráfica dos radares e uma caneta luminosa como dispositivo de entrada de dados.



Figura 2-2 – Interação com o sistema SAGE. Monitor e caneta luminosa. (Fonte: desconhecida)

Em 1957 é fundada a DEC (*Digital Equipment Corporation*) por um grupo de engenheiros do MIT e, em 1960, é responsável pelo primeiro minicomputador, o PDP-1 que evoluiu para o PDP-8 em 1965. Esta máquina alcançou um sucesso comercial enorme e contribuiu para o desenvolvimento rápido da computação gráfica.



**Figura 2-3 – O PDP-1 da DEC. O primeiro minicomputador. (Fonte: *Digital Equipment Corp.*)**

O primeiro sistema comercial de programação de controlo numérico, com a designação PRONTO, pioneiro dos sistemas CAD/CAM, surgiu em 1957 desenvolvido por Patrick Hanratty.

Engelbart (1962)<sup>14</sup> publica o relatório *Augmenting de Human Intellect: A Conceptual Framework* onde define quatro áreas, que, segundo ele, permitiriam amplificar as capacidades humanas:

---

**Artefactos (*Artifacts*)**

---

*Objectos físicos concebidos para prover ao conforto humano, manipulação de coisas ou materiais e manipulação de símbolos.*

---

**Linguagem (*Language*)**

---

*Modo pelo qual o indivíduo classifica a imagem do seu mundo nos conceitos que a sua mente usa para modelar esse mundo e os símbolos que liga aos conceitos e usa para manipular conscientemente esses conceitos (“pensamento”).*

---

**Metodologia (*Methodology*)**

---

*Métodos, procedimentos e estratégias com as quais um indivíduo organiza a sua actividade (solução de problema) alvo.*

---

**Formação (*Training*)**

---

*Condição necessária ao indivíduo para levar as suas necessidades de meios de ampliação 1, 2 ou 3 ao ponto em que se tornam operacionalmente efectivos.*

---

Engelbart refere-se a este novo conceito como “...o sistema que desejamos desenvolver pode assim ser entendido como compreendendo um ser humano treinado, junto com os seus artefactos, linguagem e metodologia. O novo sistema que

---

<sup>14</sup> ENGELBART, D. (1962). *Augmenting de Human Intellect: A Conceptual Framework*. Menlo Park, California: Stanford Research Institute. Disponível em linha <http://www.bootstrap.org/augdocs/friedewald030402/augmentinghumanintellect/ahi62index.html> consultado em 05-01-2007.

*contemplamos envolve como artefactos os computadores e armazenamento informático de informação, manuseamento de informação e dispositivos de apresentação de informação. Os aspectos da estrutura conceptual que aqui são debatidos são principalmente os que se relacionam com a capacidade do indivíduo para fazer uso significativo de tal equipamento num sistema integrado.* “<sup>15</sup>

O evento das grandes mudanças dá-se no ano de 1963 quando Ivan Sutherland<sup>16</sup>, aluno de doutoramento do MIT, concebe e realiza o primeiro sistema de representação interactiva, o sistema de desenho *Sketchpad*, de onde resultaram os princípios da computação gráfica interactiva. Usando uma caneta óptica o *Sketchpad* permitia desenhar e editar figuras geométricas desenhadas num ecrã de nove polegadas.

Este novo paradigma de interacção e a evolução tecnológica dos ecrãs iniciada em 1964 pela empresa *Tektronix* com os terminais de armazenamento da imagem no ecrã, DVST's (*Direct View Storage Tubes*) com mais qualidade gráfica e que dispensavam memória adicional tornando-os menos dispendiosos.

As consequências do trabalho de Ivan Sutherland e as evoluções tecnológicas efectuadas pela *Tektronix* permitiram a rápida evolução da computação gráfica interactiva a partir de meados da década de 60 e consequentemente o mercado do CAD.



**Figura 2-4 - Ivan Sutherland numa consola do MIT TX-1 demonstrando a sua tese de doutoramento. O *Sketchpad* em 1963 (Fonte: MIT)**

---

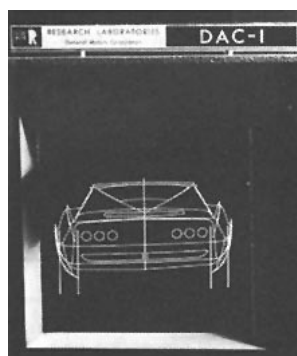
<sup>15</sup> Tradução livre do autor.

<sup>16</sup> SUTHERLAND, I. E. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. Cambridge: University of Cambridge disponível em <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>

A indústria automóvel e aeronáutica, em 1964, decidiu apostar em sistemas de projecto e manufatura assistido por computador CAD/CAM, surgindo na altura o sistema DAC<sup>17</sup>, da *General Motors*.



**Figura 2-5 – DAC 1 da *General Motors* (Fonte: *General Motors*)**



**Figura 2-6 – Visualização no monitor DAC 1 (Fonte: *General Motors*)**

---

<sup>17</sup> KRULL, F. N. (1994). The Origin of Computer Graphics within General Motors. *IEEE Annals of the History of Computing*, 16(3).

## 2.2.4 Época tradicional 1965-1980

Quadro 2-4 - Época tradicional 1965-1980 (Adaptado de Nielsen )

<b>Tecnologia de hardware</b>
Circuito integrado, relação custo-benefício justifica a compra de computadores para muitas necessidades
<b>Modo de operação</b>
Em linha ( <i>time-sharing</i> )
<b>Linguagem de programação</b>
Linguagens de alto nível ( <i>Fortran, Pascal, C, ...</i> )
<b>Tecnologia de visualização</b>
Terminais com ecrã apresentando caracteres alfanuméricos. Normalmente acesso remoto.
<b>Tipo de utilizadores</b>
Grupos especializados sem conhecimentos específicos de computadores
<b>Imagem pública</b>
Mecanização das actividades repetitivas pouco criativas
<b>Paradigma de interface</b>
Menus hierárquicos e preenchimento de formulários

Em 1965, na Universidade de Cambridge, Donald Welbourn propôs desenvolvimentos importantes nos sistemas CAD como a definição da intersecção de dois cilindros, as linhas de referência de objectos 3D, entre outros. Em 1968 previu a possibilidade de usar computadores na indústria dos moldes para resolver os problemas na modelação de objectos 3D, uma vez que até então apenas eram possíveis desenhos simples em 2D. Estas ideias culminaram na criação de uma aplicação de CAD/CAM denominada *DUCT* desenvolvida em Cambridge e actualmente disponibilizada pela *DELTCAM*<sup>18</sup> com o nome de *PowerShape*.

O mercado emergente e a importância da computação gráfica nos meios académicos e industriais levaram à criação de um grupo de interesse, o SIGGRAPH (*The Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques*).

---

<sup>18</sup> <http://www.delcam.com/general/about/history.asp> consultado em 10-12-2006

Numa tentativa de definir a área científica, numa época em que o objectivo central da computação gráfica era a criação de imagens realistas a *designação* do grupo incluía técnicas interactivas antecipando o que actualmente é um domínio fundamental das tecnologias computacionais.

Moggridge (2006) <sup>19</sup> considera que a apresentação do sistema NLS "oNLine System", desenvolvido por Engelbart e engenheiros do *Augmentation Research Centre*, em 1968, revolucionou o mundo e afirma:

*“This was the demo that changed the world. The computer science community moved from skepticism to standing ovation in an hour and a half, and the ideas of direct manipulation of a graphical user interface became lodged in the communal consciousness.”*



**Figura 2-7 – Demonstração em 1968 do NLS em Joint Computer Conference (Fonte: *Designing Interactions*)**

A evolução das tecnologias aumentando a capacidade de cálculo dos computadores confirmou a lei de Moore<sup>20</sup> e em 1968 é inventado, por Douglas Engelbart., o primeiro rato que só duas décadas depois seria adoptado, pela *Apple* em 1983 e pela *IBM* em 1987 contribuindo para um novo paradigma de interacção.

---

<sup>19</sup> MOGGRIDGE, B. (2006). *Designing Interactions*. Cambridge, Mass.: MitPress. Pp 30-35

<sup>20</sup> Em 1965 Gordon Moore tem a visão necessária para escrever na edição do 35º aniversário da revista *Electronics* a lei de Moore a qual, ao ser revista em 1975, definia que a complexidade dos processadores iria duplicar em cada dois anos.



**Figura 2-8 – O primeiro rato de Douglas Engelbart (Fonte: *Mouse Site*<sup>21</sup>)**

Ainda em 1968 ocorreram evoluções tecnológicas significativas ao nível das capacidades dos dispositivos. São introduzidos os terminais gráficos inteligentes designados desse modo pelo facto de o respectivo processador ter a capacidade de efectuar, em hardware transformações geométricas básicas, projecções e recorte 2D e 3D.

O mercado CAD continua em expansão e em 1969 que é criada, por cinco engenheiros da IBM, uma das empresas mais activas nos dispositivos para Computação Gráfica, a *Intergraph Corporation*.

Muitos dos dispositivos utilizados actualmente como periféricos dos sistemas CAD apareceram em 1970. As mesas digitalizadoras, os ecrãs sensíveis ao tacto e o rato inventado anos antes.

É em 1970 que Alan Kay propõe o conceito de manipulação directa que se baseava na manipulação das representações dos objectos visíveis no ecrã de forma semelhante ao modo como, no mundo real, se manipulam os objectos.

Entre os resultados do trabalho desses investigadores pode destacar-se o Computador Pessoal em Rede, as Interfaces Gráficas, o primeiro rato comercial, a Internet, a arquitectura Cliente Servidor e a linguagem de programação orientada por objectos, *SmallTalk*.

---

<sup>21</sup> Local onde encontramos a história do rato <http://sloan.stanford.edu/mousesite/> consultado em 10-12-2006



**Figura 2-9 – Xerox Alto (Fonte *Designing Interactions* (op. cit.))**

Em 1974 fica operacional a estação de trabalho Altos, a primeira a usar um rato embutido e ligada a uma rede local. A interface gráfica *designada* por GUI<sup>22</sup>, que já utilizava a metáfora da secretária com janelas, menus e ícones e estava disponível o primeiro editor WYSIWYG (*What You See Is What You Get*), que baseou os produtos desenvolvidos, mais tarde, por empresas como a *Apple* e a *MicroSoft*.



**Figura 2-10 – Xerox Star (Fonte *Designing Interactions* (op. cit.))**

Em Abril de 1974 a MITS, *Micro Instrumentation Telemetry Systems*, inicia a comercialização do primeiro computador pessoal, baseado no processador de 8 bits, Intel 8800. O computador tinha, como memória central 256 bytes.

---

<sup>22</sup> GUI - *Graphic User Interface*

Em 1975 Bill Gates e Paul Allen escrevem, para essa máquina, o primeiro interpretador da linguagem de programação *Basic* o que conduziu, no mesmo ano à formação da *MicroSoft*.

Em 1976 Wozniak projecta a primeira Apple I, com um processador 6502, de uma empresa concorrente da *Intel* e com Steve Jobs comercializa a máquina originando a formação da *Apple Computer*.

Em 1978 a *ComputerVision* introduz o primeiro terminal CAD usando a tecnologia de *raster display*.

Mike e Tom Laziar desenvolveram a aplicação PC CAD em 1979. Nesta época um sistema CAD típico era um minicomputador com 16 bits um máximo de 512 Kb de memória RAM e 20 a 300 Mb de armazenamento de disco a um preço de 125.000 dólares.

## 2.2.5 Época moderna 1980-1995

Quadro 2-5 – Época moderna 1980-1995 (Adaptado de Nielsen )

<b>Tecnologia de hardware</b>
Circuitos integrados. (VLSI – <i>very large scale integration</i> )
<b>Modo de operação</b>
Computador pessoal para um único utilizador
<b>Linguagem de programação</b>
Linguagens orientadas a problemas/objectos (folhas de cálculo)
<b>Tecnologia de visualização</b>
Ecrãs gráficos, estações de trabalho e computadores portáteis.
<b>Tipo de utilizadores</b>
Profissionais de todo tipo e curiosos
<b>Imagem pública</b>
Computador como uma ferramenta
<b>Paradigma de interface</b>
WIMP ( <i>Window, Icons, Menus e Pointing devices</i> )

Em 12 de Agosto de 1981, a IBM introduz o PC, baseado num processador Intel 8088 e controlado pelo Sistema Operativo desenvolvido pela MicroSoft, o MS-DOS.



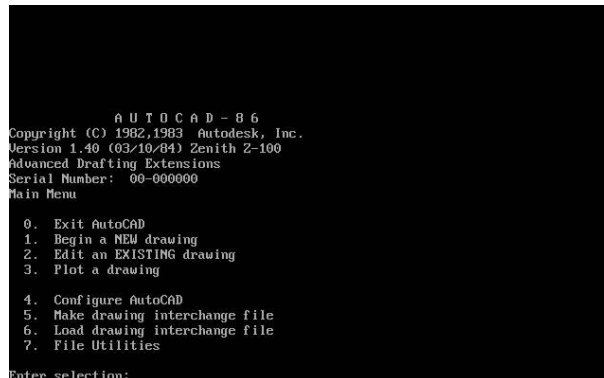
Figura 2-11 – IBM PC (Fonte: History of Computers<sup>23</sup>)

Em 1982 James Clark cria a SGI (*Silicon Graphics Incorporated*), empresa especializada em aplicações e equipamentos para computação gráfica.

---

<sup>23</sup> <http://www.pattosoft.com.au/jason/Articles/HistoryOfComputers/1980s.html> consultado em 05-05-2006

Ainda em 1982, é fundada a AutoDesk que introduz no mercado o AutoCAD, que, de alguma forma foi responsável pela expansão das tecnologias CAD 2D.



**Figura 2-12 – Interface do *AutoCad* 1.4 (Fonte: *AutoCad History*<sup>24</sup>)**

Na tentativa de reencontrar mercado a Apple, em 1980, contrata os investigadores da Xerox Parc que tinham estado envolvidos no projecto Alto e negocia direitos com a Xerox e em 1983 à é comercializado o computador pessoal Lisa, o primeiro comercial a usar uma interface gráfica.



**Figura 2-13 – Apple Lisa (Fonte: *Club Old Bits*<sup>25</sup>)**

O Lisa, com um microprocessador Motorola 68000 a 5MHz 1 Mb de RAM, monitor monocromático de 12 polegadas, 2 unidades de disquete de 5.25” e disco externo de 5 Mb, devido ao preço elevado, foi um fracasso comercial.

---

<sup>24</sup> [http://myfeedback.autodesk.com/history/autocad\\_release\\_history.htm](http://myfeedback.autodesk.com/history/autocad_release_history.htm) consultado em 05-05-2006

<sup>25</sup> <http://cobit.mma.com.br/micros/lisa.htm> consultado em 05-05-2006

Reformulando a estrutura do Lisa e mantendo o essencial ao nível do sistema operativo e das aplicações, a Apple lança, em Janeiro de 1984, o primeiro Macintosh.

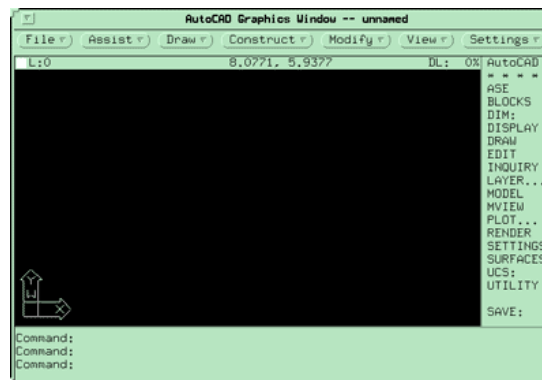


**Figura 2-14 – Macintosh (Fonte: History of Computers<sup>26</sup>)**

No mesmo ano o escritor William Gibson dá origem, no livro “Neuromancer”, a designação de CyberSpace introduzindo o conceito de Realidade Virtual.

*“A consensual hallucination experienced daily by billions of legitimate operators, in every nation, by children being taught mathematical concepts... A graphic representation of data abstracted from the banks of every computer in the human system. Unthinkable complexity. Lines of light ranged in the nonspace of the mind, clusters and constellations of data. Like city lights, receding... “*

Em Setembro de 1988 a Autodesk lança a versão 10 do *AutoCad* com menus e técnicas rudimentares de manipulação directa.

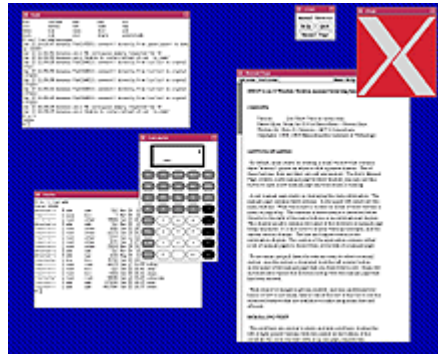


**Figura 2-15 – Interface do *AutoCad* 10 (Fonte: Fonte: História do AutoCAD<sup>27</sup>)**

---

<sup>26</sup> <http://www.pattosoft.com.au/jason/Articles/HistoryOfComputers/1980s.html> consultado em 05-05-2006

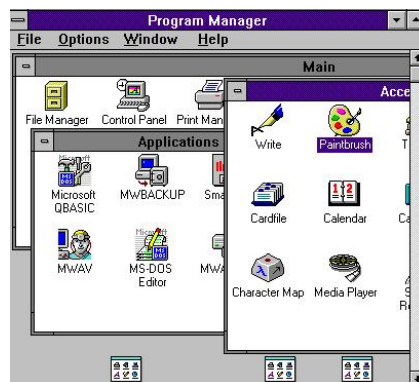
Em 1988 é desenvolvido pelo MIT o primeiro Sistema de Gestão de Janelas, X-Windows, para o Sistema Operativo Unix, de domínio público.



**Figura 2-16 – GUI X-Windows (Fonte: *History of Computers* (op. cit.))**

Na conferência *Siggraph '89*, em Boston foram apresentadas as novas tecnologias de interacção como a realidade virtual e luvas sensoriais.

A 22 de Maio de 1990 a *MicroSoft* com a introdução do Windows 3.0 liquida a concorrência da IBM (OS2) e desafia a hegemonia da Apple (MacOS).



**Figura 2-17 – Interface Windows 3.1 (Fonte: *Windows History*<sup>28</sup>)**

Em 1993 a IBM – Dassault Systemes, com a aplicação CATIA, dominava o mercado da gama alta do CAD 3D possuindo como clientes as grandes empresas da indústria automóvel e aeronáutica. A Parametric Technology's com o Pro/Engineer 3D CAD cada vez mais se implantava no mercado graças a uma interface baseada em UNIX X-Windows já com uma filosofia de interface mais centrada no utilizador.

---

<sup>27</sup> <http://www.mundocad.com.br/publicacoes/historia.php> consultado em 05-05-2006

<sup>28</sup> <http://members.fortunecity.com/pcmuseum/windows.htm> consultado em 05-05-2006

Ainda em 1993 a Microsoft lança o primeiro sistema operativo de 32 bits para computadores pessoais, o Windows NT e a Intel lança o primeiro chip Pentium Pro de 32 Bits. Estava criada uma plataforma de baixo-custo com potencial para os sistemas CAD 3D.

Jon Hirschtick fundou a SolidWorks Corporation também em 1993 e em 1995 surgia uma aplicação de CAD 3D completamente baseada em Windows com uma interface cuja imagem de marca era a facilidade em aprender (*easy-to-learn-and-use*) e de utilizar. As qualidades gráficas da interface, as capacidades inovadoras de modelação paramétrica e o preço, muito abaixo dos concorrentes tornaram o SolidWorks um marco fazendo emergir a importância do conceito de usabilidade em aplicações que até esta data se centravam exclusivamente na produtividade.

Em Outubro de 1994 a Autodesk lança a versão 13 do *AutoCAD* com menus, ícones e diálogos totalmente adaptado ao sistema de janelas mas conservando a linha de comandos todo o aspecto das versões anteriores.

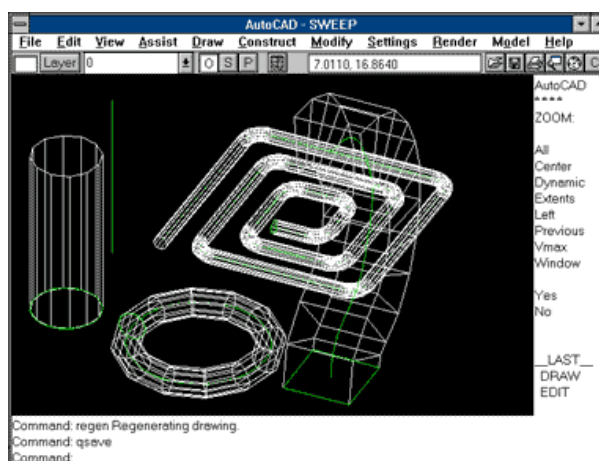


Figura 2-18 – Interface do *AutoCad* 13 (Fonte: História do AutoCAD<sup>29</sup>)

Assistiu-se até finais de 1995 à preocupação de muitas empresas de CAD 3D em migrar os seus produtos para a plataforma Windows NT apostando em sistemas de média gama dotando as suas aplicações com interfaces intuitivos e de fácil aprendizagem.

Surgiu o *Marketing Usability* nos sistemas CAD.

<sup>29</sup> <http://www.mundocad.com.br/publicacoes/historia.php> consultado em 05-05-2006

## 2.2.6 Futuro após 1995

Quadro 2-6 – Futuro após 1995 (Adaptado de Nielsen )

<b>Tecnologia de hardware</b>
Super circuitos integrados. (WSI – <i>wafer scale integration</i> )
<b>Modo de operação</b>
Utilizadores ligados em rede e sistemas ubíquos
<b>Linguagem de programação</b>
Não imperativas e provavelmente gráficas
<b>Tecnologia de visualização</b>
Baseado em multimédia e portabilidade simples
<b>Tipo de utilizadores</b>
Todas as pessoas
<b>Imagem pública</b>
Computador como dispositivo (electrodoméstico)
<b>Paradigma de interface</b>
Interfaces não baseadas em comandos

Para a generalidade dos utilizadores e concretamente ao nível do CAD 3D o cenário prospectivo do quadro 2-6 no que se refere ao paradigma de interface não se tem verificado.

A figura 2-19 ilustra um exemplo de uma operação de cosmética que a interface do *AutoCAD* sofreu em quatro anos com a apenas com a adição de mais barras de ferramentas e algumas técnicas que facilitam a interacção mas que não contribuem para o novo paradigma.

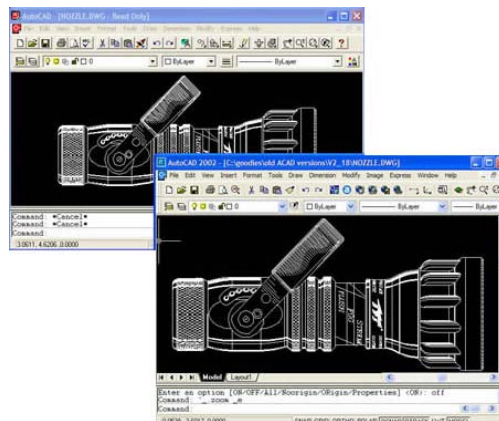


Figura 2-19 – Interfaces do *AutoCad* 2000 a 2004 (Fonte: História do *AutoCAD*)

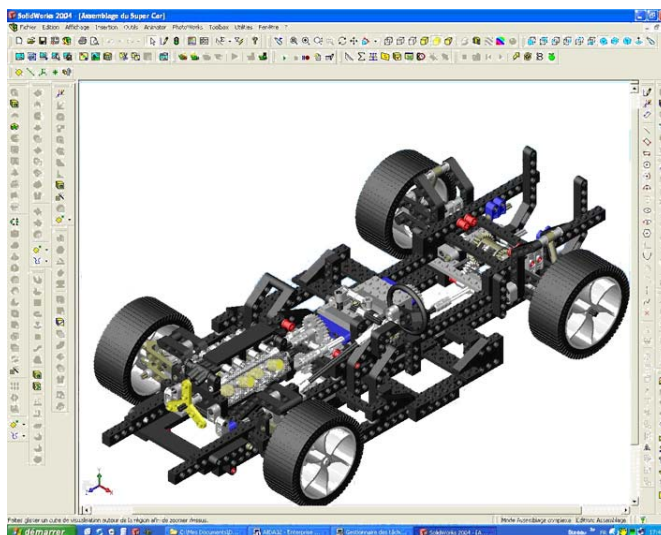


Figura 2-20 – Interface do *SolidWorks* 2004

Entretanto empresas como a *MetaTools* aposta em novos conceitos de interface explorando novos grafismos, apelativos para um sector de utilizadores mais sensíveis a aspectos visuais.

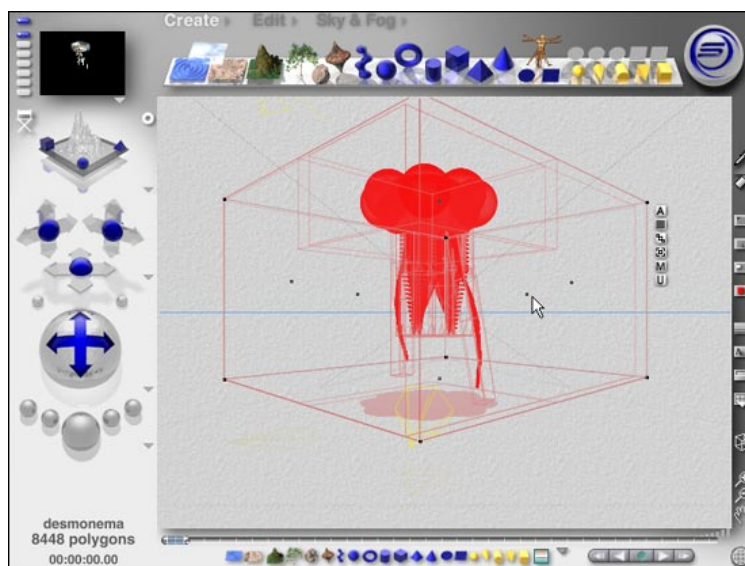


Figura 2-21 – Interface do *Bryce* 5.5 (Fonte: *Jimco Software Reviews*<sup>30</sup>)

No contexto do CAD 3D devemos mencionar a empresa *SensAble Technologies, Inc*, com um sistema que combina uma interface WIMP com um braço robótico denominado *PHANTOM*

Este dispositivo foi projectado e construído ainda nos anos 90 por Thomas Massie e Dr. Kenneth Salisbury. Massie era estudante no MIT e o Dr. Kenneth um

<sup>30</sup> <http://www.jimcosoftware.com/reviews/bryce/default.aspx> consultado em 12-12-2006

investigador principal no laboratório da inteligência artificial, trabalharam juntos para combinar tecnologias robóticas e hápticas com o objectivo de “reach into the computer display” para tocar e manipular nos dados 3D. O que começou como um projecto de tese foi posteriormente divulgado através do MIT e outras instituições de pesquisa culminando com a criação da empresa *Sensable* em 1993.



**Figura 2-22 – Sistema PHANTOM (Fonte: *SensAble Technologies, Inc* <sup>31</sup>)**

Passaram 20 anos e o paradigma WIMP continua a imperar apesar da lei de Moore (op. cit.) continuar válida e investigadores apregoarem outros paradigmas como o SILK<sup>32</sup>, interfaces multimodais e perceptuais. Van Dam (1997)<sup>33</sup> refere-se à lei do equilíbrio pontuado do biólogo Steven Jay Goulds para traduzir a evolução das interfaces. Longos períodos de estabilidade interrompidos por mudanças muito rápidas.

---

<sup>31</sup> <http://www.sensable.com/industries-design-model.htm> consultado em 05-01-2007

<sup>32</sup> Interfaces que suportam voz (Speech), imagem (Image) e linguagem (Language) orientados por bases de conhecimento (Knowledge).

<sup>33</sup> DAM, A. V. (1997). Post-Wimp User Interfaces. *Communications of the ACM*, 40(2).

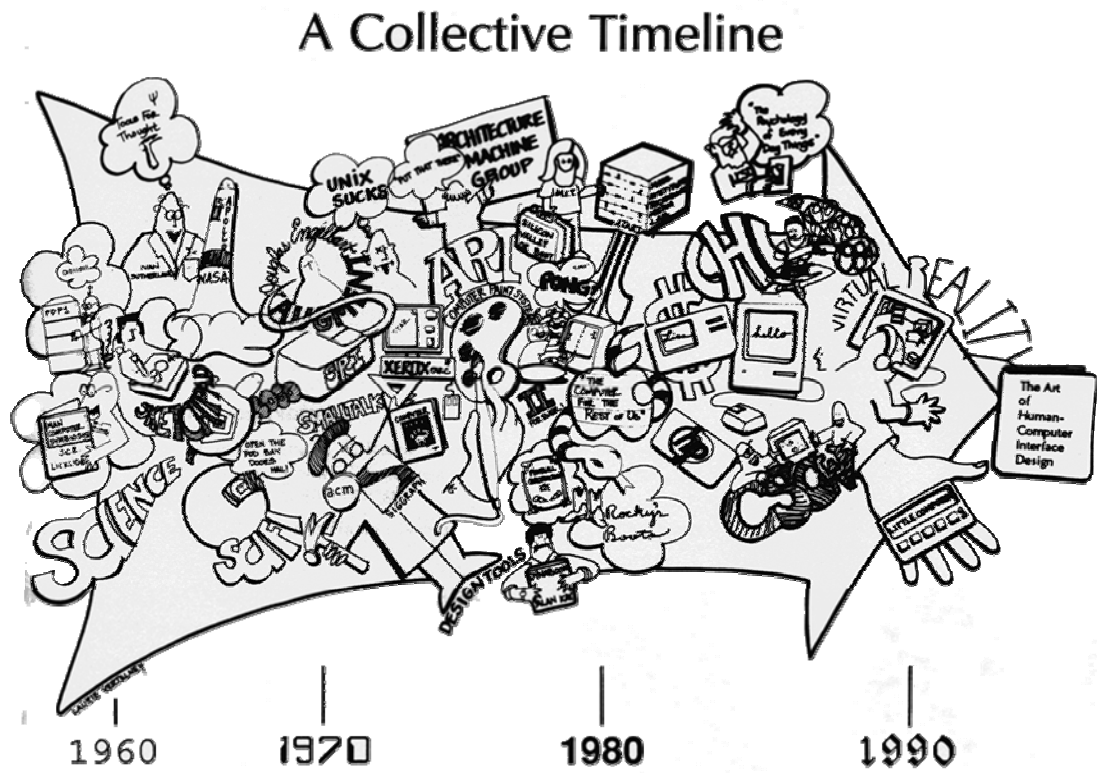


Figura 2-23 – Evolução das interfaces (Fonte: A Collective Timeline<sup>34</sup>)

<sup>34</sup> LAUREL, B., & MOUNTFORD, S. J. (1990). *The Art of human-computer interface design*. Boston, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co; p 483

## CAPÍTULO 3

### REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA



### **3. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA**

#### **3.1 Interface de utilizador**

##### **3.1.1 Considerações gerais**

Nos últimos 20 anos, a tecnologia de projecto 3D por computador tem beneficiado da evolução dos equipamentos informáticos e das possibilidades acrescidas de programação com linguagens de alto nível orientadas a objectos.

Aplicações que só funcionavam em equipamentos com grande capacidade de processamento e com requisitos gráficos muito dispendiosos estão actualmente disponíveis para a maioria dos computadores pessoais. Grandes empresas conceptoras de aplicações CAD, como a Autodesk, começaram a apostar no desenvolvimento de interfaces gráficas interactivas que, segundo John Walker (1988)<sup>35</sup>, permitiam um mais rápido entendimento da filosofia da aplicação. Este foi o início de uma preocupação das empresas em tornar as suas aplicações, ou a interface das mesmas, mais elaborada em termos funcionais e pedagógicos.

Ao enquadrarmos este projecto de investigação no campo das interfaces gráficas estamos a situar o estudo em domínios que se relacionam com percepção, modelos mentais e conceitos de interactividade e interacção que inevitavelmente interpenetram as teorias do hipertexto em contexto de aprendizagem.

Faria sentido, num âmbito mais alargado, referenciar e analisar as teorias desenvolvidas sobre os aspectos psicológicos da interactividade em educação. Este assunto, ainda é polémico e merecedor de uma reflexão mais cuidada o que nos leva a assumir que a interactividade possa ser compreendida como um diálogo entre a pessoa e a máquina (neste caso baseado em tecnologias digitais) através de um espaço de contacto *designado* por interface gráfica. É a interface que possibilita a interactividade, é nesse espaço que acontece o fluxo de entrada/saída da informação

---

<sup>35</sup> Jonh Walker – Engenheiro de Sistemas da Autodesk, 1988  
Publicação electrónica Through the Looking Glass -  
[http://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2\\_69.html#lglass](http://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2_69.html#lglass) (consultado em 20-10-2006)

baseado numa ordem mental, simbólica e imaginária que estrutura a relação do indivíduo com a realidade.

Para situar o nosso estudo referimos Vannevar Bush<sup>36</sup>, que em 1945, abordou estas questões e relacionou a ideia fundamental do hipertexto/hipermédia e o seu potencial como extensão da cognição humana:

*“The human mind (...) operates by association. With one item in its grasp, it snaps instantly to the next that is suggested by the association of thoughts, in accordance with some intricate web of trails carried by the cells of the brain. It has other characteristics, of course; trails that are not frequently followed are prone to fade, items are not fully permanent, memory is transitory. Yet the speed of action, the intricacy of trails, the detail of mental pictures, is awe-inspiring beyond all else in nature.”*

Para Terry Winograd (1996)<sup>37</sup> uma interface digital opera no domínio da linguagem, opera na criação, na manipulação e transmissão de objectos simbólicos. A linguagem existe enquanto acção e é usada num processo de interpretação e de comunicação. Na publicação citada, em entrevista, David Liddle (1996)<sup>38</sup>, especialista da IBM em interacção pessoa-computador refere:

*“Software design is the act of determining the user’s experience with a piece of software. It has nothing to do with how the code works inside, or how big or small the code is. The designer’s task is to specify completely and unambiguously the user’s whole experience.... The most important thing to design properly is the user’s conceptual model. Everything else should be subordinated to making that model clear, obvious, and substantial. That is almost exactly the opposite of how most software is designed.”*

Encontramos nestas ideias uma analogia com as teses de Vigotsky sobre processos mentais também mediados por sistemas simbólicos originando modelos mentais nos indivíduos. Actualmente os modelos mentais têm sido estudados por psicólogos especialistas em cognição na tentativa de explicar como os humanos sabem, percebem, tomam decisões e como adaptam o seu comportamento aos variados ambientes a que são constantemente sujeitos.

---

<sup>36</sup> [http://www.citi.pt/estudos\\_multi/homepages/espaco/html/bush.html](http://www.citi.pt/estudos_multi/homepages/espaco/html/bush.html) (consultado em 20-9-2006)

<sup>37</sup> WINOGRAD, T. (1996). *Bringing Design to Software*. Cambridge, MA.

<sup>38</sup> <http://hci.stanford.edu/bds/2-liddle.html> (consultado em 20-9-2006)

Apesar de, no nosso estudo, não estarmos perante um tradicional produto educacional desenhado exclusivamente para esse fim consideramos também as características hipertextuais das interfaces já que, neste contexto, de acordo com Morgado (1996)<sup>39</sup>, ao citar Calvani, há actividade cognitiva envolvida na familiarização simbólica com o ambiente informático e a aprendizagem inicial implica a descodificação e interpretação de um “*mundo simbólico*” específico e a sua transferência para outros. As aplicações de projecto 3D por computador exigem dos alunos capacidades de manipulação e percepção espacial que as caracterizam como “*ferramentas cognitivas*” estabelecendo um paralelismo entre “*utensílios do computador e utensílios do pensamento*”.

Morgado refere ainda que, “ao descrever estes processos, Norman observa que na interacção com a tecnologia é necessário considerar quatro aspectos diferentes: o sistema tecnológico propriamente dito, o modelo conceptual do sistema tecnológico, o modelo mental que o utilizador elabora em relação ao sistema tecnológico e a conceptualização que o investigador tem desse modelo mental do utilizador (trata-se do modelo de um modelo)...”, Norman “...distingue, ainda, neste contexto, a conceptualização ou modelo conceptual de um determinado sistema do modelo mental que um utilizador pode ter de um sistema, sendo necessária a investigação adequada. Eles distinguem-se pelo facto de os primeiros se constituírem como instrumentos de compreensão dos sistemas físicos, enquanto os modelos mentais se referem aos indivíduos e àquilo que os orienta na sua utilização.”

Negroponete (1995)<sup>40</sup> atribui ao psicólogo Licklider a introdução do conceito *design* de interface quando, em 1960, publicou o artigo “*Man-Computer Symbiosis*” ao referir-se à simbiose pessoa-computador e à difusão especializada que só viriam a convergir nos anos 90, segundo o autor.

Encontramos na literatura distintos conceitos de interface que, segundo Negroponete, resultam fundamentalmente das duas linhas de investigação que no início dos anos 60, se tratavam separadamente: a interactividade e a riqueza sensorial.

---

<sup>39</sup> MORGADO, L. (1996). O lugar do hipertexto na aprendizagem: alguns princípios para a sua concepção, 1º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo. Costa da Caparica. Disponível em <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/simposio/24.htm> (consultado em 20-9-2006)

<sup>40</sup> NEGROPONTE, N. (1995). Being digital (1st ed.). New York: Knopf. pp 104-105

Laurel (1993)<sup>41</sup> define a interface como um campo comum de interacção atribuindo valor activo aos agentes que a utilizam. A interface é um canal de comunicação entre a pessoa e o computador e para que a interacção exista a interface deve oferecer a cada um dos agentes soluções para as suas necessidades. Não deve ser apenas um ecrã separador.

### 3.1.2 Interface gráfica de utilizador

Segundo Mandel (1997)<sup>42</sup> as características básicas de uma interface gráfica de utilizador consistem na integração de um conjunto de elementos que trazem as tarefas e o trabalho que efectuamos no computador para a vida. Em termos simples, uma GUI é uma *representação gráfica de, e interacção com, programas, dados, e objectos no ecrã de um computador*.

**Quadro 3-1 – Características que definem uma interface gráfica GUI (Adaptado de Mandel )**

1	Possui um ecrã de computador de alta resolução em mapa de <i>bits</i>
2	Possui um dispositivo apontador, tipicamente um rato
3	Promove uma adaptação consistente entre programas
4	Os utilizadores podem visualizar gráficos e texto no ecrã como numa impressão
5	Possui o paradigma de interacção objecto-acção
6	Permite transferir informação entre programas
7	Permite manipulação directa da informação existente no ecrã e de objectos
8	Fornecer elementos de interface familiares como menus e diálogos
9	Há exposição visual de informação e objectos (ícones e janelas)
10	Fornecer <i>feedback</i> visual para o utilizador das acções e tarefas
11	Há exposição visual de utilizador/acções do sistema e modos (menus e paletas)
12	Utiliza controladores gráficos ( <i>widgets</i> ) para selecção e entrada de dados
13	Permite aos utilizadores personalizar a interface e as interacções
14	Flexibiliza o funcionamento entre o teclado e outros periféricos

Uma característica fundamental de uma GUI para um sistema de projecto 3D é a funcionalidade de permitir manipular directamente os objectos, a informação no ecrã e as vistas do espaço 3D (ampliação, deslocamento e rotação).

<sup>41</sup> LAUREL, B. (1993). *Computers as Theatre*. Massachusetts: Addison-Wesley. P.4.

<sup>42</sup> MANDEL, T. (1997). *The elements of user interface design*. New York: Wiley.

## 3.2 Modelos de interacção

### 3.2.1 Formas de interacção

Preece<sup>43</sup>, considera interacção como sendo “todos os intercâmbios que acontecem entre a pessoa e o computador” e define estilo de interacção como “ um termo genérico para agrupar as diferentes formas em que os utilizadores comunicam e interagem com o computador”.

As interfaces das aplicações de projecto 3D por computador evoluíram desde a linha de comandos passando pela integração de menus e formulários, introdução de técnicas de manipulação directa de objectos e aguardando um novo paradigma baseado em realidade aumentada que se anuncia há anos.

Para Shneiderman (1998)<sup>44</sup> os estilos de interacção são as formas de comunicação ou interacção entre os utilizadores e os sistemas informáticos e considera fundamentais a linha de comandos, os menus, os ícones, a manipulação directa e o preenchimento de formulários.

### 3.2.2 Interface por linha de comandos

Desde as primeiras gerações de interfaces que a linha de comandos é o estilo de interacção mais generalizado. É uma forma de dar instruções directamente ao computador através de cadeias alfanuméricas que traduzem os procedimentos.

Obriga a uma aprendizagem intensiva da linguagem e da gramática subjacente à aplicação. Para atingir níveis de eficiência razoáveis são necessárias muitas horas de contacto para a memorização de comandos. No entanto, utilizadores experientes, atingem níveis de proficiência elevados.

Consideramos que permite flexibilizar em determinados aspectos a operacionalidade do sistema.

---

<sup>43</sup> PREECE J. (1994). *Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley, Reading, MA

<sup>44</sup> SHNEIDERMAN B. (1998). *Designing the User Interface*. Addison-Wesley, Reading, MA

**Quadro 3-2 – Vantagens e inconvenientes da interface por linha de comandos. (Adaptado de Mandel<sup>45</sup>)**

<b>Vantagens</b>
Flexibilidade
Permite iniciativa do utilizador
Rapidez em tarefas complexas
Utiliza um espaço mínimo no ecrã
Permite abreviaturas e macros
Pode ser utilizada em conjugação com outros estilos de interfaces
Atractiva para utilizadores experientes
<b>Inconvenientes</b>
Memorização demorada
Aprendizagem demorada
Assume experiência de dactilografia
Apresenta comandos sem significado para novos utilizadores
Sintaxe difícil de compreender para novos utilizadores
Comandos e sintaxe não permitem personalização
Limitada na gestão dos erros
Específica da aplicação

### 3.2.3 Interface por selecção de menus

Para Shneiderman (op. cit.) nestes sistemas, os utilizadores visualizam uma lista de possibilidades, seleccionam o que lhes parece mais adequado e observam o resultado.

Foley (1996)<sup>46</sup> refere que uma das vantagens do uso de menus é a possibilidade dos utilizadores trabalharem com a memória de reconhecimento associando imagens visuais a palavras com significados conhecidos.

**Quadro 3-3 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Mandel)**

<b>Vantagens</b>
Aprendizagem mais rápida
Diminui o uso do teclado
Melhora a tomada de decisão
Detecção de erros simplificada
Não exige memorização de comandos complexos
Estruturação da navegação facilita interacção
Normalmente podem ser personalizados
Possuem técnicas de selecção flexíveis (teclas e rato)

<sup>45</sup> MANDEL, T. (1997). *The elements of user interface design*. New York: Wiley.

<sup>46</sup> FOLEY, J. D., DAM, A. V., FEINER, S. K., & HUGHES, J. F. (1996). *Computer Graphics: Principles and Practice, 2nd Edition in C*: Addison Wesley Professional.

Pode ser utilizada em conjunção com outros estilos de interfaces  
Permite a utilização de ferramentas para gestão do diálogo

---

#### **Inconvenientes**

---

Pode complicar-se com diferentes níveis de menus  
Para determinadas tarefas não são eficientes  
Não facilita necessariamente a utilização da aplicação  
Utilizadores podem perder-se na hierarquia de menus  
Nomes e termos podem não ser conhecidos dos utilizadores  
Requer conhecimentos gerais sobre a aplicação  
Utilizadores são obrigados a obedecer a hierarquias definidas  
Pode limitar utilizadores experientes  
Ocupam espaço no ecrã  
Exige sistemas gráficos adequados

---

### **3.2.4 Interface por selecção de ícones**

Os ícones são elementos pictóricos das interfaces que representam operações ou permitem desencadear acções particulares. São normalmente caracterizados pela semelhança ou por analogia entre o símbolo escolhido e o que ele representa.

Segundo Mullet (1995)<sup>47</sup> a qualidade dos ícones está relacionada com a proximidade, a generalidade, a coerência, a caracterização e a comunicabilidade.

#### **Quadro 3-4 - Características dos ícones gráficos**

---

#### **Características dos ícones**

---

Legibilidade dos ícones gráficos  
Consistência semiótica dos ícones gráficos (concreção)  
Consistência semiótica dos ícones gráficos (distância semântica)  
Consistência semiótica dos ícones gráficos (familiaridade)  
Reforço com texto dos ícones gráficos

---

Um dos primeiros estudos que conhecemos sobre interfaces que conjugam os três estilos referidos realizado pela Digital Equipment Corporation por Whiteside (1985)<sup>48</sup>, entre outras conclusões, atesta que, ao nível da aprendizagem não se verificou relação entre a facilidade de utilização e a facilidade de aprendizagem e

---

<sup>47</sup> MULLET, K., & SANO, D. (1995). *Designing visual interfaces : communication oriented techniques*. Englewood Cliffs, NJ: SunSoft Press.

<sup>48</sup> WHITESIDE, J., JONES, S., LEVY, P., & WIXON, D. (1985). User performance with command, menu and iconic interfaces. Paper presented at the In Proceedings of the Conference of Human Factors in Computer Systems, New York.

conclui afirmando que esta nova tecnologia de interface não resolve os problemas antigos relativos aos factores humanos.

Outro estudo que se centra em sistemas CAD, concretamente na interface do AutoCAD, pretende definir uma medida para a produtividade dos operadores e investigar os potenciais efeitos da interface nessa produtividade. Mitta (1995)<sup>49</sup>.

### 3.2.5 Interface por manipulação directa

Neste estilo os objectos e atributos são seleccionados e manipulados com um dispositivo apontador; as acções realizadas sobre os elementos gráficos denotam operações que são activadas implicitamente;

**Quadro 3-5 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Shneiderman)**

<b>Vantagens</b>
Aprendizagem mais rápida
Apresenta visualmente os conceitos das tarefas
Retenção mais fácil (memorização)
Permitir evitar erros
Encoraja a exploração
Promove uma taxa elevada de satisfação subjectiva
<b>Inconvenientes</b>
Programação complexa
Pode exigir dispositivos específicos de visualização

### 3.2.6 Interface por preenchimento de formulários

Também *designados* por caixas de diálogo constituídas por campos (numéricos ou não) que o utilizador deve preencher. São importantes quando é necessário introduzir dados exactos. Os campos de texto são preenchidos pela movimentação de um cursor e com o auxílio de um teclado.

**Quadro 3-6 - Vantagens e inconvenientes da interface por selecção de menus. (Adaptado de Shneiderman)**

<b>Vantagens</b>
Simplifica a entrada de dados
Não necessita treino especial
Possui ferramentas para gerir diálogos
Possui assistência adequada
<b>Inconvenientes</b>
Espaço ocupado no ecrã

<sup>49</sup> MITTA, D., & FLORES, P. (1995). User productivity as a function of AutoCAD interface *design*. Applied Ergonomics, 26(6), 387-395.

### 3.2.7 A melhor interface

Negroponte (op. cit: p107) remonta aos tempos em que se discutia se este ou aquele meio seria melhor que outro para determinado tipo de interacção “...a mentalidade do «ou/ou» era guiada pela falsa crença de que havia uma solução universal «melhor» para uma dada situação...” e concluí dizendo que não existe a melhor solução dado que as pessoas são diferentes e as situações mudam. “No design de interface o «melhor» não existe.”

### 3.3 Interacção pessoa computador

Um, relativamente novo, campo de estudo denominado pelos anglófonos HCI (*Human Computer Interface*) adoptou e tem adaptado o conceito de modelo mental e os seus pressupostos no desenvolvimento e construção de interfaces gráficas mais adequadas aos processos mentais desenvolvidos pelos utilizadores de aplicações informáticas numa fase de aprendizagem e na fase operacional.

Em termos gerais HCI é um campo de pesquisa multidisciplinar abrangente associado à ergonomia de interfaces pessoa-computador para o qual contribuem as áreas do conhecimento indicadas no quadro 3-7.

#### Quadro 3-7 – Áreas de conhecimento relacionadas com HCI

---

Ergonomia  
Psicologia cognitiva  
Engenharia  
*Design*  
Antropologia  
Sociologia  
Filosofia  
Ciências da informação  
Ciências da computação.  
Linguística  
Inteligência Artificial  
Psicologia Social e Organizacional

---

Turró (2005)<sup>50</sup> traça uma panorâmica da evolução das correntes de interacção pessoa-computador centrando-se nas tendências actuais e refere-se a um grupo alargado de investigadores que têm estudado este campo e proposto uma série de

---

<sup>50</sup> TURRÓ, M. R. (2005). Evolución y Tendencias en la Interacción Persona-Ordenador. *El Profesional de la Información*, 14(6), 414-422. Disponível em linha: <http://bd.ub.es/pub/ribera/materials/EPI.pdf> consultado em 05-01-2007

instrumentos que oferecem suporte para ao desenvolvimento de sistemas computacionais mais ergonómicos e fáceis de usar, tais como guias de recomendações e normas internacionais.

Scapin e Bastien (1997)<sup>51</sup>, citados em muitos trabalhos sobre HCI, propuseram oito critérios ergonómicos para avaliação da qualidade ergonómica de sistemas interactivos:

**Quadro 3-8 – Critérios ergonómicos de Scapin e Bastien**

---

**Condução**

---

*refere-se aos meios disponíveis para orientar, informar, instruir e guiar o utilizador na interacção com o computador;*

---

**Carga de trabalho**

---

*refere-se a todos elementos da interface que contribuam para reduzir a carga de trabalho perceptiva e cognitiva e aumentar a eficiência do diálogo;*

---

**Controlo explícito**

---

*refere-se ao processamento de acções explícitas do utilizador pelo sistema e ao controlo que o utilizador possui sobre este processamento;*

---

**Adaptabilidade**

---

*refere-se à capacidade do sistema se comportar dentro do contexto e de acordo com as necessidades e preferências do utilizador;*

---

**Gestão de erros**

---

*refere-se aos recursos disponíveis para prevenir ou reduzir erros e corrigindo-os quando eles ocorrerem;*

---

**Consistência**

---

*Refere-se à padronização de códigos, nomes, formatos, procedimentos, etc. ... em contextos similares, e à diferenciação destes em contextos diferentes;*

---

**Compatibilidade**

---

*refere-se à adequação das características do utilizador (memória, percepção, habilidades, hábitos, idade, expectativas, etc.) e da tarefa, e a organização do sistema (entradas, saídas, diálogo).*

---

---

<sup>51</sup> Critères ergonomiques de Scapin et Bastien. from <http://www.ergoweb.ca/criteres.html> consultado em 20-05-2006

Sousa (1999)<sup>52</sup>, citando Dix, encontra nestes critérios quatro elementos distintos: o sistema, os utilizadores, os *designers* de interfaces e o ambiente de utilização. Elementos que se combinam através de dois processos fundamentais o desenvolvimento do sistema e a interacção pessoa-computador. Enumera para cada um destes focos, as diferentes disciplinas que proporcionam os estudos teóricos que podem ser aplicados ao desenvolvimento da interface:

- design e desenvolvimento do *hardware* e *software*: estudo de tecnologias de dispositivos de entrada e saída e de tecnologias de software tipo ambientes gráficos e virtuais;
- estudo da capacidade e limitação física e cognitiva dos utilizadores: considera estudos de ergonomia para avaliar limites de esforço físico do utilizador, e estudos de psicologia e ciência cognitiva sobre a capacidade humana de memorização, raciocínio e aprendizagem;
- instrumentação teórica e prática para o design e desenvolvimento de sistemas interactivos: envolve o conhecimento teórico a respeito dos fenómenos envolvidos; modelos para o processo de desenvolvimento que descrevam as etapas necessárias e como devem ser conduzidas; directrizes, técnicas, linguagens, formalismos e ferramentas de apoio a estas etapas;
- modelos de interfaces e do processo de interacção utilizador–sistema: para desenvolver modelos abstractos do processo de interacção compatíveis com as capacidades e limitações físicas e cognitivas dos utilizadores;
- análise do domínio e de aspectos sociais e organizacionais: para avaliar o impacto que o contexto onde está inserido o utilizador exerce sobre seus conhecimentos, sua linguagem e suas necessidades.

---

<sup>52</sup> Souza, C.S., Leite, J.C., Prates, R.O., Barbosa, S.D.J.(1999) Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitiva e Semiótica. Anais da Jornada de Actualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, Disponível na Internet em [http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/JAI\\_Apostila.pdf](http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/JAI_Apostila.pdf) consultado em 15-01-2007

### 3.4 Avaliação de interfaces

#### 3.4.1 Conceito de usabilidade

Importa também reconhecer o conceito de usabilidade, que determina uma área de investigação própria no estudo das interfaces do utilizador. Neste campo, a bibliografia disponível na Rede e publicada é vasta. Elegemos como autores de referência Nielsen, Norman, Preece, Sheiderman e Brenda Laurel embora consideremos fundamental aprofundar as recentes teorias da engenharia semiótica propostas por Souza (2005)<sup>53</sup> que aponta a comunicabilidade da interface como um dos aspectos mais importantes da interacção.

Nielsen (1993)<sup>54</sup> considera que para um sistema ter boa usabilidade é necessário que seja de fácil de aprender, eficiente na utilização, fácil de lembrar, ter poucos erros e provocar satisfação subjectiva. Estes cinco atributos traduzem a natureza multidimensional da usabilidade.

Encontrámos em Santos (2000)<sup>55</sup> ao citar Moraes que desenvolve o conceito de usabilidade com novos atributos que consideramos mais abrangentes e que se enquadrar a parte da metodologia deste estudo

- Facilidade de aprendizagem: o sistema deve permitir que os utilizadores atinjam níveis de desempenho aceitáveis dentro de um período especificado;
- Efectividade: um desempenho aceitável deve ser alcançado por uma proporção definida da população utilizadora, em relação a um limite de variação de tarefas e num limite de variação de ambientes;
- Atitude: um desempenho aceitável deve ser atingido considerando custos humanos aceitáveis, em termo de fadiga, *stress*, frustração, desconforto e satisfação;
- Flexibilidade: o produto deve ser capaz de lidar com um limite de variação de tarefas além daquelas inicialmente especificadas;

---

<sup>53</sup> Souza, C. S. (2005). *The semiotic engineering of human-computer interaction*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

<sup>54</sup> NIELSEN, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston ; London: Academic Press. Pp 26-36

<sup>55</sup> SANTOS, R. L. (2000). *Ergonomização da Interação Homem-Computador - Abordagem Heurística para Avaliação*

- Utilidade percebida do produto: observa-se que o maior indicador da usabilidade de um produto é a sua utilização. A autora refere Booth quando este destaca que pode ser possível projectar um produto considerando os critérios de aprendizagem, efectividade, atitude e flexibilidade, mas que simplesmente não seja usado;
- Adequação à tarefa: além dos atributos considerados, um produto “usável” deve apresentar uma adequação aceitável entre as funções oferecidas pelo sistema e as necessidades e requisitos dos utilizadores;
- Características da tarefa: a frequência com que uma tarefa pode ser desempenhada e o grau no qual a tarefa pode ser modificada, em termos da variabilidade dos requisitos de informação.
- Características dos utilizadores: um outro aspecto que deve ser incluído numa definição de usabilidade refere-se ao conhecimento, habilidade e motivação da população utilizadora.

Grande parte dos ensaios de usabilidade têm com objectivo efectuar medições e baseiam-se em inquéritos<sup>56</sup> normalizados e validados ou em propostas de questionários mais específicos como é o caso método para comparar a relativa usabilidade de diferentes sistemas de software proposto por Lin (1997)<sup>57</sup>.

Recentemente Hornbæk (2005)<sup>58</sup> identificou 587 artigos com estudos de usabilidade e desenvolveu métodos de comparação numa abordagem, quanto a nós, original. O investigador alega que o conceito de usabilidade é demasiado abrangente para poder ser medido directamente e baseando-se na quantidade de artigos que se referem às dificuldades em encontrar medidas válidas para muitos aspectos da usabilidade.

Na figura 3-1, resultante da análise de 180 estudos, onde Hornbæk traduz graficamente o que considera micro e macro medidas de usabilidade observamos que a mesma medida foi classificada de forma diferente tendo em conta o nível da tarefa

---

<sup>56</sup> Disponível em linha [http://www.usabilitynet.org/tools/r\\_questionnaire.htm](http://www.usabilitynet.org/tools/r_questionnaire.htm) consultado em 03-10-2006

<sup>57</sup> LIN, H., CHOONG, Y.-Y., & SALVENDY, G. (1997). A proposed index of usability: a method for comparing the relative usability of different software systems. *Behaviour & Information Technology*, 16(4/5), 267-278.

<sup>58</sup> HORNBAEK, K. (2005). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *Human-Computer Studies*, 64, 79-102.

considerado. Da análise o autor refere que poucos estudos incidiram numa perspectiva macro das tarefas dado a sua complexidade optando pelo mais simples resultando numa avaliação muito superficial de atributos fundamentais da usabilidade como a estimulação da criatividade proposto por Shneiderman e outros que envolvam questões psicológicas e sociais.

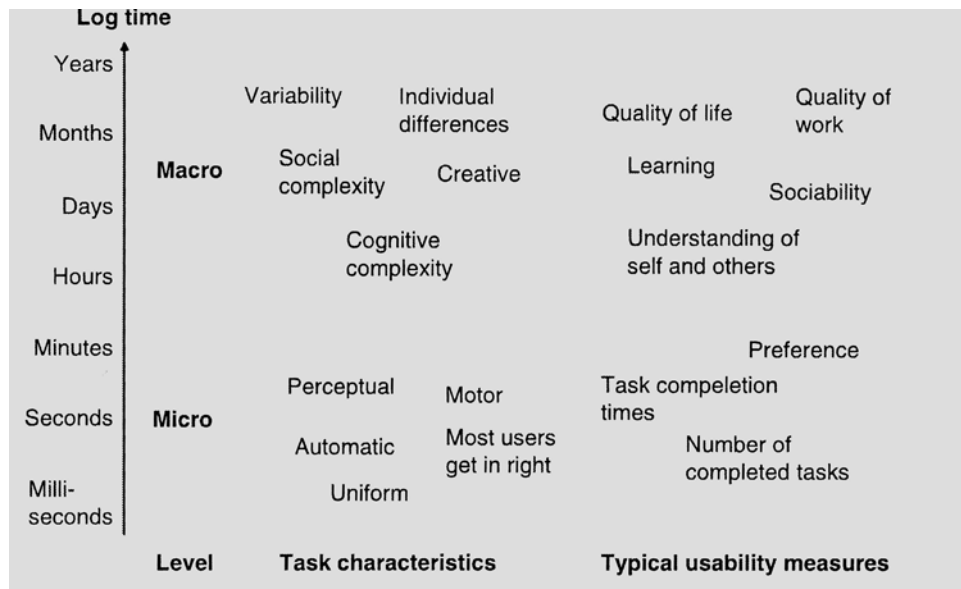


Figura 3-1 – Micro e macro medidas de usabilidade (Fonte: Hornbæk (2005))

Na figura 3-2, Hornbæk, representa de uma forma elucidativa o que entende como os desafios em medir a usabilidade.

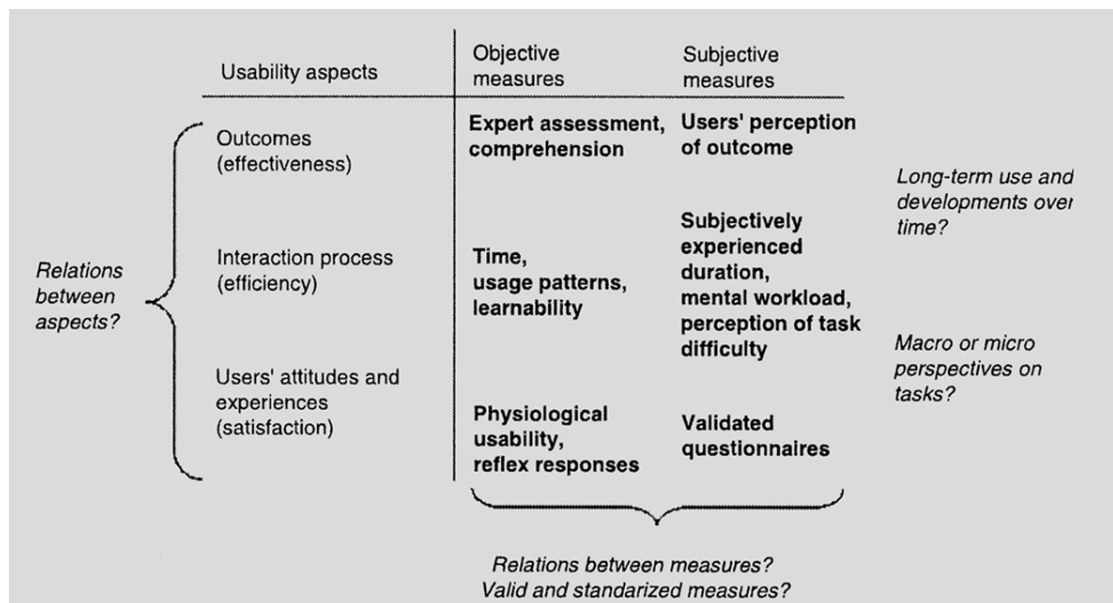


Figura 3-2 – Os desafios em medir a usabilidade (Fonte: Hornbæk (2005))

Hornbæk admite que a metodologia do seu estudo tem limitações mas conclui referindo que apesar de mais de 20 anos de pesquisa neste campo a prática corrente em medir a usabilidade sugere que a selecção das variáveis é complicada e as conclusões de muitos estudos de usabilidade são fracas pela escolha de medidas menos adequadas. O seu trabalho contém uma descrição pormenorizada da análise efectuada e as suas considerações conduzem a uma reflexão obrigatória quando nos propomos investigar estes domínios.

Há, segundo Hornbæk, poucos estudos de usabilidade de produtos educacionais ou aplicados à educação e ensaios que contemplem o carácter estético das interfaces (beleza e usabilidade). Sobre o primeiro aspecto Squires e Preece (1999)<sup>59</sup> também têm a mesma opinião e apresentaram um conjunto de heurísticas, considerando uma visão sócio-constructiva da aprendizagem, onde integram conceitos de usabilidade e aprendizagem. Sobre o segundo ponto encontramos em Tractinsky (2000)<sup>60</sup> uma experiência interessante onde testam a usabilidade de um sistema com foco nas percepções dos utilizadores em relação à estética da interface.

A presente investigação não pretende ser explicitamente um estudo de usabilidade mas a importância do conceito na concepção das interfaces obriga a uma metodologia de ensaio com relações implícitas.

### **3.4.2 Avaliação heurística**

A avaliação heurística é um método de análise da usabilidade de uma interface e que recorre a avaliadores especialistas ou não, em usabilidade. Consiste em avaliar a conformidade da interface com parâmetros ergonómicos do tipo heurístico para eventualmente serem detectados problemas. Nielsen e Molich (1990)<sup>61</sup> propuseram inicialmente nove heurísticas e posteriormente Nielsen definiu mais uma, apresentadas no quadro 3-7.

---

<sup>59</sup> SQUIRES, D., & PREECE, J. (1999). Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with Computers*, 11, 467-483.

<sup>60</sup> TRACTINSKY, N., KATZ, A. S., & D.ICAR. (2000). What is Beautiful is Usable. *Interacting with computers*, 13, 127-145.

<sup>61</sup> NIELSEN, J., & MOLICH, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people Seattle, Washington, United States

### Quadro 3-9 - As dez heurísticas segundo Nielsen e Molich

---

<b>Heurísticas - Nielsen e Molich (1990)</b>
1. Fornecer um diálogo simples e natural
2. Empregar a linguagem do utilizador
3. Minimizar a necessidade de memorização (memory load)
4. Ser coerente
5. Fornecer retroacção (feedback)
6. Fornecer meios explícitos de controlo de diálogo
7. Fornecer atalhos (shortcuts)
8. Fornecer mensagens de erro explicitas
9. Prevenir erros
10. Possuir um sistema de ajuda e documentação

---

Shneiderman (1998)<sup>62</sup> definiu oito “regras de ouro” para a avaliação de interfaces que apresentamos no quadro 3-8.

### Quadro 3-10 - As oito regras de ouro segundo Shneiderman

---

<b>Regras de ouro – Shneiderman (1998)</b>
1. Oferecer feedback informativo
2. Oferecer diálogos após sequências de tarefas
3. Reduzir a carga da memória de curto prazo
4. Manter com o utilizador o foco de controlo
5. Fornecer atalhos para utilizadores experientes
6. Prevenir e tratar os erros de forma adequada
7. Permitir fácil reversão de acções ( <i>undo's</i> )
8. Manter a consistência

---

A avaliação heurística é realizada individualmente por cada avaliador. Nielsen (1994)<sup>63</sup> descreve o método para conduzir a avaliação deste tipo apontando todos os procedimentos a seguir.

---

<sup>62</sup> SHNEIDERMAN, B. (1998). *Designing the User Interface*: Reading, MA: Addison-Wesley

<sup>63</sup> NIELSEN, J. (1994). *How to Conduct a Heuristic Evaluation*, disponível em linha [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_evaluation.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html) consultado em 10-05-2006

### 3.4.3 Avaliação ergonómica

A avaliação ergonómica consiste em verificar se as regras ergonómicas foram respeitadas para a aplicação em causa. Estas regras baseiam-se nas recomendações formuladas por Scapin (1991)<sup>64</sup>:

#### Quadro 3-11 – Regras ergonómicas segundo Scapin

Regras ergonómicas – Scapin (1993)
1. Oferecer condução
2. Minimizar a carga de trabalho
3. Oferecer o controlo explícito
4. Ser adaptável
5. Permitir gestão de erros
6. Manter a consistência
7. Estabelecer um significado comum para códigos
8. Ser compatível

Estas regras privilegiam uma lógica de utilização, ou seja, uma visão da aplicação do ponto de vista do utilizador, que procura na aplicação um binómio interface-tarefa coerente ao contrário da lógica de funcionamento verificada especialmente na estruturação dos sistemas elaborada a partir da visão dos engenheiros informáticos.

### 3.5 Engenharia semiótica

Segundo Souza<sup>65</sup> a engenharia semiótica considera a interface de um sistema como uma mensagem unilateral enviada pelo *designer* ao utilizador. A interface é o elemento de interacção com o utilizador, caracterizando o seu aspecto de metacomunicação.

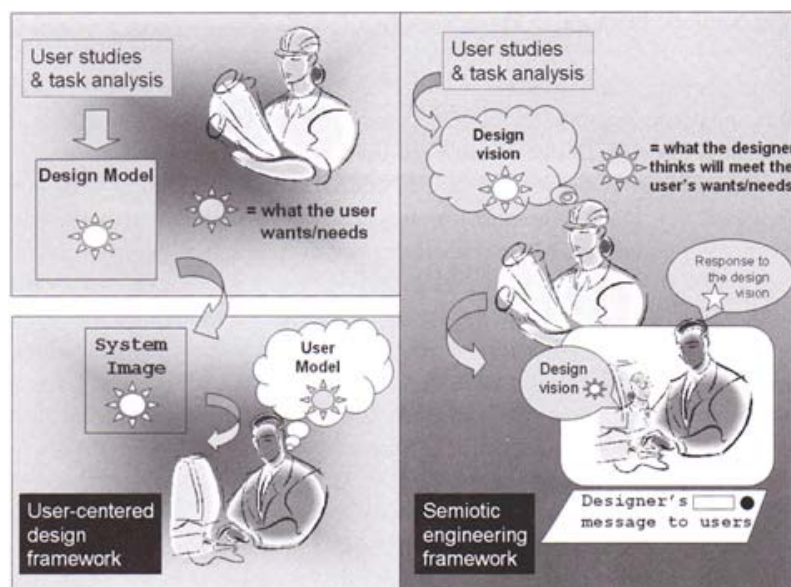
*“Ao trazer o designer para dentro do foco, a Engenharia Semiótica evidencia a sua presença e permite ao usuário entender que todo o sistema é uma solução potencial de um designer (ou de uma equipa de*

---

<sup>64</sup> Scapin D. (1993). Validation des critères ergonomiques pour l'évaluation d'interfaces utilisateurs. (Rapport de Recherche No. 1427).INRIA.Disponível em <ftp://ftp.inria.fr/INRIA/publication/publi-pdf/RR/RR-1427.pdf> (consultado em 15-03-2006)

<sup>65</sup> Souza, C.S., Leite, J.C., Prates, R.O., Barbosa, S.D.J.(1999) Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitiva e Semiótica. Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, Disponível na Internet em [http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/JAI\\_Apostila.pdf](http://www.dimap.ufrn.br/~jair/piu/JAI_Apostila.pdf) (consultado em 15-01-2007)

*design*). Assim, o usuário, ao ter problemas de interacção com a aplicação, pode tentar entender o que o designer pretendia, e acertar o seu modelo mental da aplicação, aproximando-o cada vez mais daquele do designer. Fazendo isto, o usuário é capaz de alcançar um melhor entendimento das motivações e decisões tomadas pelo designer, e assim usar a aplicação de forma mais eficiente.”<sup>66</sup>



**Figura 3-3 – Design centrado no utilizador comparado com Engenharia Semiótica (Fonte: The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction<sup>67</sup>)**

Leite (1999)<sup>68</sup> considera que os modelos cognitivos propostos por Norman são insuficientes para o desafio de usabilidade por não articularem o papel do *designer* e da interface na aquisição do modelo de usabilidade pelo utilizador. Na perspectiva da Engenharia Semiótica a interface é vista como uma mensagem unidireccional e indirecta de *designers* para os utilizadores. Esta mensagem é caracterizada pela sua capacidade de, ela própria, enviar e receber mensagens durante o processo de interacção entre o utilizador e o sistema.

<sup>67</sup> Souza, C. S. (2005). *The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction*. Cambridge, Mass.: MIT Press.; p 8

<sup>68</sup> Leite, J. C., & Souza, C. S. D. (1999). Uma Linguagem de Especificação para a Engenharia Semiótica de Interfaces de Usuário. [online] Disponível na Internet em [http://www.serg.inf.puc-rio.br/serg/pub/jair/ls\\_ihc99.pdf](http://www.serg.inf.puc-rio.br/serg/pub/jair/ls_ihc99.pdf) (consultado em 15-01-2007)

Segundo Leite o aspecto de usabilidade que a Engenharia Semiótica visa resolver é a questão de como o conhecimento que o utilizador precisa adquirir para utilizar melhor o sistema pode ser "ensinado" através da própria interface.

O recente trabalho de Souza (2005) fundamenta de forma objectiva estes novos conceitos que, quanto a nós, aplicados ao projecto de interfaces para aplicações de CAD 3D permitiriam ultrapassar as situações onde o modelo conceptual da interface está pouco adaptado ao modelo mental do aluno numa fase inicial de aprendizagem.

### **3.6 Ensino aprendizagem das tecnologias CAD 3D**

#### **3.6.1 Antes do paradigma WIMP**

Em Portugal, o ensino das tecnologias de projecto por computador, é relativamente recente. Não encontramos referências que nos permitissem estabelecer datas concretas no entanto, o levantamento realizado por (Beira & Menezes, 2001)<sup>69</sup> e o testemunho do Engenheiro Queiroz da Fonseca na recente publicação (Beira & Heitor, 2004)<sup>70</sup> ao relatar a sua experiência no LNETI sobre a emergência do CAD/CAM e a instalação do primeiro sistema vocacionado para a demonstração e formação nesta tecnologia refere-se ao funcionamento de cursos de formação entre 1981 e 1988. A formação incidia no projecto de circuitos electrónicos essencialmente 2D.

Em 1987 fomos convidados, pelo CENCAL, a desenvolver um projecto de implementação e formação em tecnologias CAD/CAM no sector cerâmico. Uma primeira fase passou pela identificação de semelhanças nos processos de conformação por moldes e madres na indústria dos plásticos, já com alguns sistemas CAD/CAM em funcionamento, para uma posterior transposição de tecnologias permitindo o aumento de produtividade através da redução dos ciclos de produção na fase de concepção dos moldes cerâmicos. Em 1988 foi estruturado um primeiro curso de “Operadores de CAD/CAM para a Indústria Cerâmica” direccionado a jovens

---

<sup>69</sup> Beira, E., & Menezes, J. (2001). Inovação e indústria de moldes em Portugal: a introdução do CAD/CAM/CAE nos anos 80. *Mercados e negócios: Dinâmicas e estratégia s(6b)*.

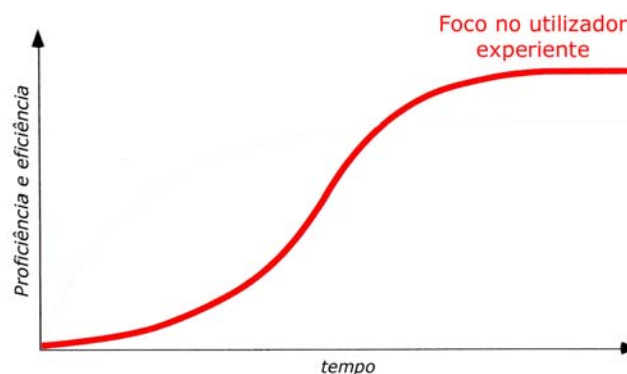
<sup>70</sup> Beira, E., & Heitor, M. (2004). *Memórias das tecnologias e dos sistemas de informação*. Braga: Associação Industrial do Minho; pp.227. [online] Disponível na Internet em <http://www3.dsi.uminho.pt/memtsi/index1.htm> (consultado em 20-08-2006)

licenciados em engenharia onde a modelação 3D complexa ocupava grande parte da carga horária.

Se situarmos a época na linha cronológica dos sistemas informáticos, apesar de já existirem no mercado computadores pessoais com as primeiras interfaces gráficas o mundo do CAD 3D era outro. Necessitava de um poder de cálculo tal que só estações de trabalho bem apetrechadas permitiam o funcionamento das aplicações. O rato raramente se utilizava e as técnicas de manipulação directa de objectos muito rudimentares. A linha de comandos o era o paradigma da interface de uma aplicação denominada DUCT, referida no capítulo anterior, desenvolvida pela empresa inglesa DELCAM. Baseado em algoritmos matemáticos de Bézier a complexidade era tal que para desenhar uma circunferência o operador deveria digitar os quatro pontos dos quadrantes e controlar os ângulos de entrada e saída para garantir a curvatura pretendida.

Para este tipo de aplicações aprendizagem inicial era demorada e apresentava aspectos complexos resultantes das limitações de uma interface que exigia a memorização de uma quantidade significativa de comandos dado a multiplicidade de operações a efectuar. A manipulação dinâmica dos objectos 3D já era possível mas pouco eficiente o que exigia capacidades de abstracção tridimensional e conhecimentos razoáveis de matemática e geometria que muitos alunos não possuíam no início dos cursos.

Nenhum dos atributos de usabilidade propostos por Nielsen<sup>71</sup> se aplicaria a esta interface dirigida apenas para a produtividade final.



**Gráfico 3-1 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no utilizador experiente. Adaptado de Nielsen (1993).**

---

<sup>71</sup> NIELSEN, J. (1993); *Op. Cit.*; pp 115-163

Qual o modelo educacional seria mais adaptado ao ensino de uma tecnologia tão particular?

### 3.6.2 Enquadramento teórico do modelo “*mastery learning*”

As aplicações de projecto 3D por computador pressupõem o domínio de um conjunto de procedimentos e técnicas complexas que pela sua natureza se torna necessário encarar a sua aprendizagem como um desenvolvimento gradual e hierárquico de habilidades e técnicas até ao nível de domínio absoluto.

Entendemos na altura que a perspectiva e os princípios do modelo de Benjamim Bloom se aplicariam à situação de aprendizagem já que os objectivos da formação se desenvolvem no sentido do aluno:

- Trabalhar segundo o seu ritmo pessoal;
- Desenvolver um grau de mestria verificável;
- Controlar a sua progressão;
- Gerir a sua auto-avaliação.

Não podemos deixar de considerar Gardner (1983,1993)<sup>72</sup> ao afirmar que, psicologicamente, cada estudante é diferente justifica a necessidade de utilizar métodos de aprendizagem diferenciados que tenham em conta as aptidões de cada aluno. Novas correntes entendem que a natureza da interacção entre o aluno e a instrução é preponderante na aprendizagem e consideram-na tão importante como o conteúdo ou como a informação é apresentada. Merrill (1990)<sup>73</sup> “*Instructional Transaction Theory*” desenvolve uma teoria onde assume que toda a aprendizagem resulta da interacção (“transacção”) entre o aluno e o média educativo.

Tal como Skinner (1968)<sup>74</sup> e os seus colaboradores de Harvard implementaram os princípios do condicionamento operante ao ensino através do ensino programado com uma estrutura baseada na divisão dos conteúdos em unidades básicas para que o *feedback*, entendido como reforço, fosse frequente tornando o aluno mais activo a

---

<sup>72</sup> Documento consultado em linha <http://www.infed.org/thinkers/gardner.htm> em 20-05-2005

<sup>73</sup> MERRILL, M. D., LI, Z., & JONES, M. K. (1990). Instructional Transaction Theory - an introduction. *Published Educational Technology*, 31(6), 7-12. disponível em linha [http://id2.usu.edu/Papers/ITT\\_Intro.PDF](http://id2.usu.edu/Papers/ITT_Intro.PDF) consultado em 05-05-2005.

<sup>74</sup> SKINNER, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*. New Jersey Prentice Hall College Div

aprender o que na altura assumimos foi implementar as teorias comportamentalistas adaptadas ao ensino por computador focando não apenas o “como ensinar” apesar de se enfatizar a necessidade de tornar sequenciais os materiais de instrução, de definir os objectivos de ensino e os procedimentos específicos de avaliação com base nos objectivos, mas também ponderando o “que ensinar” que levou a uma análise aprofundada das tarefas e dos conteúdos a incluir nas sequências de aprendizagem consideradas mais eficazes.

Para desenvolvimento de recursos educativos eram consideradas as etapas gerais de operacionalização que caracterizam os modelos do paradigma cibernético:

- Definição de objectivos operacionais, em termos de comportamentos observáveis;
- Formulação de pré-requisitos tendo em conta os objectivos;
- Sequenciação das matérias em unidades de aprendizagem modulares e análise das tarefas e actividades;
- Avaliação da aprendizagem em função dos objectivos.

A situação de aprendizagem que referimos é um caso onde admitimos que o condicionamento de determinados comportamentos provoca mudanças internas efectivas. Logo, apesar do modelo “*mastery learning*” se basear em pressupostos do paradigma cibernético, a situação concreta do ensino de projecto 3D por computador obriga, mesmo a um nível elementar, a aproximações ao paradigma cognitivo.

Robert Gagné (1992)<sup>75</sup> fundamentou a sua teoria de instrução numa base comportamentalista forte, com indicações claras sobre o tipo de estímulos a fornecer ao estudante, o faz associando-lhes o que entende que são processos internos, numa linha mais cognitivista. Assume que o conhecimento provoca mudanças comportamentais no estudante, que habilidades e técnicas devem ser aprendidas separadamente, uma de cada vez, nova habilidade e/ou técnica aprendida deve ser construída a partir de uma habilidade e/ou técnica aprendida previamente e que aprendizagem e conhecimento são ambos hierárquicos por natureza.

---

<sup>75</sup> GAGNÉ, R., BRIGGS, L., & WAGER, W. (1992). *Principles of Instructional Design* HBJ College Publishers.

Segundo Gagné “a função de ensinar origina-se, em sentido específico, da determinação das condições de aprendizagem. Ensinar significa organizar as condições exteriores próprias à aprendizagem. Essas condições devem ser organizadas de maneira gradual, levando-se em conta, em cada etapa, as habilidades recentemente adquiridas, a necessidade de retenção dessas habilidades e a situação estimuladora específica exigida pela etapa seguinte. Consequentemente, ensinar é uma actividade bastante complexa e árdua.”

Este filósofo neobehaviorista assenta o seu pensamento em teorias de processamento da informação e admite que a relação entre os processos cognitivos internos e os acontecimentos externos são o garante da aprendizagem. Descreve nove condições que distinguem as seguintes fases na aprendizagem: motivação, apreensão, aquisição, memorização, generalização, desempenho e *feedback*.

Gagné considera os acontecimentos externos como os estímulos provocados pelo ambiente, onde o aluno está inserido, estes serão as atitudes pedagógicas desenvolvidas pelo professor com o fim de influenciar um ou mais processos de aprendizagem. Atitudes pedagógicas efectivamente conseguidas permitem activar a motivação, dirigir a atenção, estimular a rememoração e proporcionar orientação à aprendizagem, intensificar a retenção, promover a transferência da aprendizagem, elucidar o desempenho e propiciar o *feedback*.

Numa linha mais cognitivista, Ausubel<sup>76</sup> também se refere à importância da organização do material didáctico e à necessidade das novas ideias e conceitos serem significativos para o aluno. Defende que os novos conceitos devem ser apoiados por uma estrutura cognitiva já existente no aluno, permitindo assim, que estes novos conceitos sejam relacionados e associados.

A interface da aplicação e o paradigma de interacção baseado em linha de comandos exigia, na fase inicial de aprendizagem:

- Memorização de comandos;
- Aprendizagem demorada;
- Experiência de dactilografia;
- Compreensão de comandos sem significado para novos utilizadores;

---

<sup>76</sup> Documento consultado em linha <http://rdefendi.sites.uol.com.br/ausubel/ausubel.htm> em 20-05-2005

- Compreensão de sintaxe particular difícil de compreender para novos utilizadores;
- Interpretação de mensagens de erro complexas.

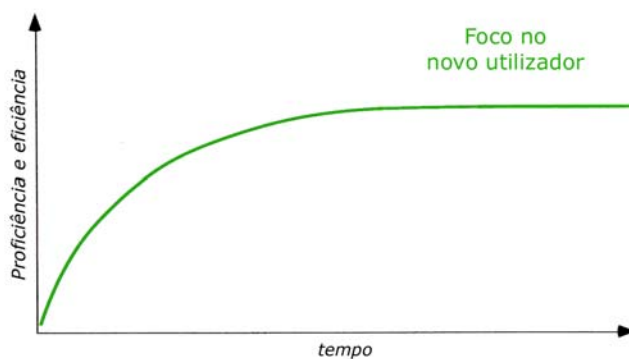
O que, associado à especificidade da tecnologia exigia projectos de instrução, materiais de apoio e recursos didácticos bem estruturados. Era fundamental a identificação das fases que caracterizam a aprendizagem para desenvolver tutoriais e estratégias de ensino sequenciais que favorecessem a aprendizagem.

Antes do paradigma WIMP, mesmo com um projecto de instrução bem elaborado a aprendizagem era demorada e exigia muitas horas de prática para o aluno atingir níveis de autonomia considerados aceitáveis.

### 3.6.3 O paradigma WIMP

#### 3.6.4 Enquadramento teórico do modelo “construtivista”

Actualmente as aplicações têm o mesmo grau, ou mais, de complexidade e a produtividade e proficiência continuam a ser os objectivos mas interfaces gráficas baseadas num modelo conceptual adequado mais intuitivas permitem reduzir o tempo de aprendizagem na fase inicial.



**Gráfico 3-2 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no novo utilizador. Adaptado de Nielsen (1993)**

Em *design* de produto o projecto 3D possui uma fase conceptual significativa. O *designer* não pretende usar a tecnologia apenas para introduzir dados. O seu fito é manipulá-los num processo iterativo de simulações até à convergência numa solução óptima de função e da forma.

Para dotar os alunos de estruturas que permitam ir além da representação do conhecimento obtido por estímulos externos há que construir o conhecimento estimulando o processamento cognitivo.

O aluno vai, numa fase inicial, utilizar individualmente a tecnologia. A interacção é entre o estudante e a aplicação através da interface e esta deve estar desenhada de modo a controlar e gerir a aprendizagem do aluno com pouca intervenção do professor. O paradigma educacional que sustenta este tipo de ensino é de inspiração cognitiva com o foco na interacção do aluno com as técnicas (conhecimento operacional) e nos ganhos cognitivos que daí advêm.

Encontramos em Bidarra (2005)<sup>77</sup>, quando sintetiza a ideia de construtivismo como “...*uma filosofia de aprendizagem fundamentada no cognitivismo, isto é, baseia-se na premissa de que, ao reflectir sobre as nossas experiências, construímos o nosso próprio conhecimento do mundo em que vivemos. Cada um de nós gera as regras e os modelos mentais que usa para tirar sentido da experiência. Aprender é simplesmente o processo de alterar os nossos modelos mentais para acomodar novas experiências...*”, o modelo que configura a componente prática do ensino das tecnologias de CAD 3D com a aplicação dos princípios e “...*teorias construtivistas orientadas pela psicologia cognitiva que enfatizam a exploração e a descoberta por parte de cada estudante durante o processo de aprendizagem.*”

O ensino à distância e as recentes abordagens à aprendizagem com base na interacção têm encontrado nestas teorias fundamento. Swan (2005)<sup>78</sup> questiona a importância do construtivismo cognitivo e considera-o essencial porque coloca a aprendizagem na mente do aluno e porque a define como um processo activo da construção mental ligado às interacções com o ambiente. Recorda-nos a teoria dos estádios de Piaget em que o conhecimento é construído de formas muito diferentes por indivíduos em estádios diferentes de desenvolvimento. De facto, a experiência pessoal diz-nos que, na aprendizagem de tecnologias CAD 3D os alunos principiantes constroem o significado de forma muito diferente dos mais experientes. Para o

---

<sup>77</sup> BIDARRA, J. (2005). O Construtivismo e os Processos da Comunicação (Documento de apoio à disciplina de Concepção de Hiperespaços para Aprendizagem do Curso Pós-Graduado em Comunicação Educacional Multimédia). Lisboa: Universidade Aberta.

<sup>78</sup> Swan, K. (2005). A constructivist model for thinking about learning online. In J. Bourne & J. C. Moore (Eds), Elements of Quality Online Education: Engaging Communities. Needham, MA: Sloan-C. Disponível em linha <http://www.kent.edu/rcet/Publications/upload/constructivist%20theory.pdf> consultado em 12-10-2006.

investigador o construtivismo cognitivo também considera, como Piaget, a relação entre os processos de assimilação e acomodação na construção mental, ligando assim toda a nova aprendizagem ao conhecimento pré-existente nos aprendentes.

Na análise de Swan (2005) o construtivismo cognitivo dá-nos a noção do conhecimento organizado internamente como esquemas mentais peculiares ao ser humano. O investigador refere-se a Minsk, Shank, Johnson-Laird e Quilian quando caracteriza os esquemas mentais como quadros que representam cenas particulares, como scripts que representam acções complexas, como modelos mentais que representam casualidades e como redes semânticas que representam relações entre ideias. Considera que estas caracterizações dizem algo sobre as formas como os alunos organizam e constroem naturalmente o conhecimento.

Numa linha idêntica Papert (1993)<sup>79</sup> criou o termo o constructionismo para distinguir seu foco particular do construtivismo que “attaches special importance to the role of constructions in the world as a support for those in the head” (p.142) do construtivismo cognitivo o que torna as teorias de Papert e outros construcionistas como diSessa (2000)<sup>80</sup> fundamentais já que se relacionam especificamente com o tipo de construção suportado pelas tecnologias interactivas.

Tal com Swan citamos o trecho de diSessa que traduz a ideia de que os constructionistas encontram nos computadores a capacidade original para representar ideias abstractas em modelos concretos e flexíveis.

*“Computers can be the technical foundation of a new and dramatically enhanced literacy,...which will have penetration and depth of influence comparable to what we have already experienced in coming to achieve a mass, text-based literacy.”* (pg. 4)

Em *design* as tecnologias de CAD 3D orientam-se para a construção do conhecimento através da realização de uma acção concreta, que resultará num produto palpável, baseada numa interacção aluno-computador, mediada por uma interface. Há claramente uma motivação intrínseca nestes alunos e, Malone (1981), citado por

---

<sup>79</sup> PAPERT, S. (1993). *The Children's Machine*. New York: Basic Books.

<sup>80</sup> diSESSA, A. (2000). *Changing Minds. Computers, Learning, and Literacy* Cambridge: MIT Press.

Bidarra (2005)<sup>81</sup>, “... defende que aquela motivação intrínseca é criada por três factores: desafio, fantasia, e curiosidade. O desafio depende de actividades que envolvem resultados incertos, devido a níveis de complexidade variável, informação escondida ou comportamento aleatório. A fantasia depende das habilidades requeridas para a aprendizagem. A curiosidade pode ser despertada quando os aprendentes acreditam que as estruturas de conhecimento deles estão incompletas, em conflito ou são pouco consistentes. De acordo com Malone, as actividades que motivam podem proporcionar aos estudantes um alcance mais vasto ou proporcionar um desafio com consequências recompensadoras...”

Jonassen e Murphy (1993)<sup>82</sup>, quando se referem a ambientes de aprendizagem construtivistas, assumem que a construção de significado não depende da correspondência com o mundo mas estará dependente, isso sim, da compreensão do mundo por parte do aprendente. As suas estruturas mentais desempenharão assim um papel instrumental e essencial na interpretação de eventos, objectos e perspectivas do mundo externo e essas interpretações contêm uma base de conhecimento que é pessoal e individual.

Reeves (1998)<sup>83</sup> enumera uma série de considerações do uso dos computadores como tecnologias cognitivas na educação:

- As vantagens destas ferramentas quando aplicadas em ambientes construtivistas de aprendizagem.
- As tecnologias cognitivas permitem aos aprendentes, desenhar representações próprias do conhecimento, em vez de se adaptarem a concepções concebidas por outros. As tecnologias cognitivas promovem uma aprendizagem activa pelo próprio aprendente.
- As tecnologias cognitivas podem servir de suporte a profundos pensamentos reflexivos, necessários para uma aprendizagem efectiva.

---

<sup>81</sup> BIDARRA, J. (2005). Os Diversos Estilos de Aprendizagem (pp. Documento de apoio à disciplina de Concepção de Hiperespaços para Aprendizagem do Curso Pós-Graduado em Comunicação Educacional Multimédia). Lisboa: Universidade Aberta

<sup>82</sup> JONASSEN, D. H., & ROHER-MURPHY, L. (1999). Activity theory as a framework for *designing* constructivist learning environments. *ETR&D*, 47(1), 61-79. Disponível em linha <http://www.coe.missouri.edu/~jonassen/courses/CLE/documents/activity.pdf> consultado em 10-02-2006.

<sup>83</sup> REEVES, T. C. (1998). *The impact of media and technology in schools – A research report prepared for the Bertelsmann Foundation: The University of Georgia*. Disponível em linha <http://it.coe.uga.edu/~treeves/edit6900/BertelsmannReeves98.pdf> consultado em 10-02-2006.

- As tecnologias cognitivas apresentam duas espécies de efeitos cognitivos, por um lado, aquele que se refere à relação cognitiva que resulta da parceria pessoa-computador, fala-se da aprendizagem com a tecnologia. Por outro lado, a aprendizagem a partir da tecnologia, que se refere ao potencial cognitivo que pode ser transferido posteriormente, sob a forma de capacidades e estratégias superiores.

- Em termos ideais, a resolução de problemas aplicando as tecnologias cognitivas, deve efectuar-se em contextos reais e os resultados esperados devem ser expressivos e motivadores para os alunos.

- Usar programas multimédia como tecnologias cognitivas, permite o desenvolvimento de muitas capacidades nos alunos, como é o caso do conhecimento da gestão de projectos e do pensamento activo e reflexivo em cada situação.

- A pesquisa num ambiente construtivista, como se trata-se de num grupo de trabalho real, com a contribuição e a partilha de saber de todos os elementos e com a tomada de consciência do próprio processo dinâmico de investigação, mostrou ter resultados muito positivos.

Encontram-se na Rede cada vez mais artigos, referenciamos Clemons (2006)<sup>84</sup>, Luo<sup>85</sup> (2006) e Powers (1999)<sup>86</sup> que atestam a importância das teorias com ideal construtivista cognitivo no ensino das tecnologias CAD 3D e a preocupação dos professores em adoptar novas abordagens neste tipo de ensino.

### 3.7 Competências de Auto-aprendizagem

Qualquer teoria de aprendizagem terá como fim ampliar as competências do aluno num determinado conjunto de actividades.

O termo “aprendizagem” é passível de interpretações distintas e, no caso, importa tentar definir o tipo de aprendizagem implicado pelo termo “Competências de auto-aprendizagem”. Nyhan (1989)<sup>87</sup> define aprendizagem como «uma capacidade activa dentro do indivíduo que o impele a empenhar-se continuamente em todas as

---

<sup>84</sup> CLEMONS, S. (2006). Constructivism Pedagogy Drives Redevelopment CAD Course, *The Technology Teacher*. Disponível em linha [http://goliath.ecnext.com/coms2/summary\\_0199-5231370\\_ITM](http://goliath.ecnext.com/coms2/summary_0199-5231370_ITM) consultado em 20-02-2007.

<sup>85</sup> LUO, D. (2005). Using Constructivism as a teaching model for computer science. *The China Papers*.

<sup>86</sup> POWERS, K. D., & POWERS, D. T. (1999). Making Sense of Teaching Methods in Computing Education. Paper presented at the Frontiers in Education Conference. Disponível em linha <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/6763/18076/00839224.pdf> consultado em 20-01-2005

<sup>87</sup> NYHAN, B. (1996). Desenvolver a capacidade de aprendizagem das pessoas: Comissão Europeia.

suas experiências (de uma forma aberta e questionante), de modo a compreender e dominar as mesmas».

A Competência de Auto-aprendizagem prende-se fundamentalmente com a aprendizagem aprofundada e alargada, mais do que a aprendizagem de procedimentos e regras. O conhecimento aprofundado e o domínio de tarefas e situações específicas leva à tomada de consciência de princípios e processos genéricos que podem ser transferidos para enfrentar outras áreas e enfrentar novas situações.

Ao procurar dominar os princípios processuais subjacentes às regras e rotinas, efectuamos uma aprendizagem de ordem superior que concede às pessoas um maior controlo quando têm de se adaptar a novas situações ou modificar práticas de trabalho.

Para sermos coerentes, importa, sem aprofundar, tecer algumas considerações sobre o termo “auto” na expressão Competências de Auto-aprendizagem. Nyhan (1989)<sup>88</sup> descreve-o da seguinte forma: «O termo “auto” na expressão “Competências de Auto-aprendizagem” tem por objectivo salientar o facto de que a aprendizagem é, essencialmente, uma actividade interior, decorrente das actividades de consciencialização, audição, investigação, reflexão e interacção do formando (“dentro de si”). Esta descrição, contrária à visão behaviorista da aprendizagem, é comum a diversos autores de diferentes escolas de pensamento. (...)».

O autor remonta a Platão, na Grécia Antiga, no século IV A.C., a origem do termo. Reconhece exagerada a teoria original<sup>89</sup> de que todo o conhecimento humano é inato e que o processo de aprendizagem é apenas a tomada de consciência deste conhecimento mas considera inovadora a forma como Platão atribui poder ao aprendiz ao afirmar que os professores não podem «...conceder a visão a olhos cegos.» O seu papel é o de assegurar que os indivíduos comecem a ver as coisas por elas próprias ao «voltarem-se para a direcção certa... e aprenderem a olhar de forma correcta.»

---

<sup>88</sup> NYAN, B. (1996). Desenvolver a capacidade de aprendizagem das pessoas: Comissão Europeia.

<sup>89</sup> Platão, A República, p.283

Também Condorcet<sup>90</sup>, em 1792 se referiu ao facto de que os jovens deviam adquirir “*l’art de s’instruire par soi-même*” (a arte de se instruírem por eles próprios) para que pudessem aprender continuamente durante toda a vida.

Nyhan (op. cit:26) considera o termo «Competência de Auto-aprendizagem mais abrangente do que “Auto-aprendizagem”. O primeiro não incide sobre um sistema de transmissão de conhecimentos específico, mas sobre a capacidade de aprendizagem dos formandos, na variedade de situações que se possam encontrar. Refere ainda que «é uma questão de saber utilizar cada uma das oportunidades de aprendizagem para realmente aprender.»

Abordamos esta questão porque consideramos fundamental aumentar estas competências nos alunos. O ensino de tecnologias CAD 3D, a um nível superior, pela sua complexidade e multiplicidade de técnicas, exige dos alunos além de capacidades de auto-aprendizagem competências acrescidas de auto-aprendizagem.

---

<sup>90</sup> Condorcet, Rapport et project de décret sur l’organisation générale de l’Instruction Publique, présentées à l’Assemblée National, au nom du Comité d’Instruction Publique, par Condorcet, les 20 et 21 Avril 1792, réimprimés par ordre de la Convention Nationale

## CAPÍTULO 4

# ANÁLISE SEMIÓTICA DAS INTERFACES



## 4. ANÁLISE SEMIÓTICA DAS INTERFACES

### 4.1 As aplicações de projecto 3D por computador

O presente capítulo pretende abordar a problemática das interfaces de aplicações de projecto 3D *design*adas usualmente por programas CAD<sup>91</sup> numa perspectiva semiótica. Ponto de partida da investigação empírica que, eventualmente, permitirá concluir sobre a importância da estrutura semiótica e dos elementos sógnicos incluídos na interface para a maior ou menor facilidade na aprendizagem (numa fase inicial) da aplicação.

No universo de 146 aplicações de CAD e 127 aplicações de modelação 3D<sup>92</sup> seleccionámos 18 com critérios que se prenderam com a sua utilização no meio académico (engenharia e *design*) e aplicámos uma grelha que denominámos CESIG<sup>93</sup> desenvolvida especificamente para este estudo.

**Quadro 4-1 – Aplicações de CAD e modelação 3D analisadas**

Aplicação	Empresa	Tipo	Interface Tipo
<i>CATIA</i>	<i>Dassault Systems</i>	CAD	WIMP
<i>Pro Engineer</i>	<i>PTC</i>	CAD	WIMP
<i>VectorWorks</i>	<i>Nemetschek North America</i>	CAD	WIMP
<i>Rhinoceros</i>	<i>Robert McNeel&amp;Associates</i>	Mod. 3D	WIMP
<i>PowerShape</i>	<i>DelCam</i>	CAD	WIMP
<i>SolidWorks</i>	<i>Dassault Systems</i>	CAD	WIMP
<i>Solid Edge</i>	<i>UGS</i>	CAD	WIMP
<i>Unigraphics</i>	<i>UGS</i>	CAD	WIMP
<i>VX CAD/CAM</i>	<i>VX Corporation</i>	CAD	WIMP
<i>SolidThinking Design</i>	<i>Evoqe</i>	CAD	WIMP
<i>AutoCAD</i>	<i>Autodesk</i>	CAD	WIMP
<i>Inventor</i>	<i>Autodesk</i>	CAD	WIMP
<i>3D Studio MAX</i>	<i>Autodesk</i>	Mod. 3D	WIMP
<i>Alias Studio</i>	<i>Autodesk</i>	CAD	WIMP
<i>Maya</i>	<i>Autodesk</i>	Mod. 3D	WIMP

<sup>91</sup> Computer Aided *Design* – Projecto Assistido por Computador

<sup>92</sup> Em anexo.

<sup>93</sup> CESIG (Caracterização da Estrutura Semiótica de Interfaces Gráficas)

---

<i>Cinema 4D</i>	Maxon	Mod. 3D	WIMP
<i>DesKartes</i>	DesKartes	CAD	WIMP
<i>Sensable</i>	Sensable Thechnologies	Mod. 3D	WIMP “haptic”

---

Optou-se por estudar duas aplicações distintas (CAD e modelação3D) onde se analisaram aspectos de concepção que impõem estruturas semióticas idênticas, uma imagem mental semelhante mas que podem induzir no seu todo, modelos mentais diferenciados num leque de utilizadores específico.

#### 4.2 Considerações Gerais

Segundo Lévy <sup>94</sup> (1994) o aparecimento do computador Apple Macintosh, em 1984, “acelerou a integração da informática no mundo da comunicação, da edição e do audiovisual e permitiu a generalização do hipertexto e da multimedia interactiva” (op. cit:61). Surgiu nesta época e com este modelo a primeira interface gráfica que permitia a qualquer utilizador interagir com a máquina de forma “intuitiva e sensório-motora” dispensando em absoluto os códigos abstractos até então utilizados e que restringiam a técnicos especializados o uso das tecnologias informáticas.

Esta interface simulava no ecrã do computador o ambiente de um escritório. Fazendo deslizar o apontador electrónico (o cursor do rato) sobre a superfície plana era possível indicar ideogramas (os ícones) que representavam os documentos, o caixote do lixo, pastas e instrumentos de desenho que activados com uma ligeira pressão num botão desencadeavam ligações associativas abrindo o interior das pastas ou acções que permitiam desenhar, escrever, enfim, o utilizador tinha sempre diante dos olhos diferentes planos sobre os quais se desenrolava o seu trabalho, bastando-lhe abrir ou fechar as “janelas” visíveis no ecrã para passar de uma actividade para outra.

Esta lógica de interface remonta à década de cinquenta quando Douglas Engelbart, director do Augmentation Research Center (ARC) numa filosofia de trabalho cooperativo lançava as bases para uma estrutura de interface baseado em “janelas” de trabalho múltiplas com símbolos gráficos que *designariam* complexos informativos actuados por dispositivos electrónicos e ligações associativas (hipertextuais) entre documentos. Outro aspecto fundamental era a utilização de gráficos dinâmicos para representar estruturas conceptuais (“o processamento de

---

<sup>94</sup> LÉVY P. (1994). *As Tecnologias da Inteligência*. Lisboa. Instituto Piaget.

ideias”) que denotavam objectivos claros de articular entre si sistemas cognitivos humanos através de dispositivos electrónicos.

Estas ideias, temos hoje a certeza, vinte anos depois, contribuíram para “humanizar a máquina”, tornar mais social a utilização da informática que se assumiu, segundo Lévy (op. cit:67), como uma tecnologia intelectual deixando de ser apenas uma “arte de automatização de cálculos”.

### 4.3 Interfaces Gráficas de Utilizador

O projecto de interfaces de aplicações é hoje uma disciplina que envolve equipas multidisciplinares a que Lévy (op. cit:68) chamou arquitectos cognitivos (cogníticos) que têm em conta “as particularidades sensoriais e intelectuais da espécie humana, os hábitos adquiridos com as antigas tecnologias intelectuais, as práticas que se cristalizaram ao longo de séculos em torno de ordenamentos semióticos diversos, entre os quais se situa em primeiro lugar o idioma.”

É a interface que estabelece o contacto, a comunicação entre a aplicação (o hiperdocumento) e o utilizador.

Winograd (1996)<sup>95</sup> entende que a interface computacional opera no domínio da linguagem, opera na criação, manipulação e transmissão de objectos simbólicos. A linguagem existe enquanto acção, enquanto é utilizada num processo de interpretação e comunicação. Há nestas ideias uma ligação com as teses de Vigotsky sobre os processos mentais que, segundo ele são mediados por sistemas simbólicos levando os indivíduos a agirem mentalmente com as representações simbólicas.

Uma interface bem concebida permite a compreensão rápida da sua interacção e o utilizador desenvolve com facilidade o modelo mental da aplicação. A interface actua como um “mediador cognitivo”. Essa mediação dá-se através de uma acção global com múltiplos agentes iniciada pelo utilizador com a manipulação directa da informação. Este termo “*direct manipulation*” foi introduzido por Ben Shneiderman <sup>96</sup> que a define em três critérios: uma representação contínua do objecto de interesse; acções físicas através de botões e não por textos complexos e o impacto imediato na manipulação de “objectos/ícones”.

---

<sup>95</sup> <http://hci.stanford.edu/bds> (consulta efectuada em 04-10-2006)

<sup>96</sup> <http://www.cs.umd.edu/~ben> (consulta efectuada em 04-10-2006)

Estes “objectos/ícones” simulam objectos e acções reais e têm, por vezes, subjacentes conceitos complexos. A efectividade das interfaces gráficas depende muito da selecção e coerência na utilização dos signos visuais.

#### **4.4 Interfaces gráficas de aplicações de projecto 3D**

Apresentamos, neste capítulo, as duas aplicações de projecto 3D seleccionadas, como já referimos, com estruturas semióticas idênticas que utilizam representações visuais (iconografia) diferentes em determinados aspectos. Ambas se baseiam na metáfora do estirador de desenho com uma área de projecto disponível mostrando o resultado das acções desenvolvidas e que se vai preenchendo com os diversos elementos de um projecto 3D. Menus com elementos de texto e barras de ferramentas com ícones complementam a metáfora disponibilizando todo um arsenal de equipamentos virtuais necessários ao desenho originando uma imagem mental que originará modelos mentais distintos considerando que cada uma das aplicações possui modelos conceptuais diferentes.

Lévy<sup>97</sup> refere que “ A imagem mental não pode ser limitada ao papel duma simples réplica da percepção. Ao permitir apreender sinteticamente um material complexo, e que se refira a objectos ausentes, desempenha uma função semiótica. Segundo um autor como Paivio<sup>98</sup>, os sistemas de codificação linguística e visual têm tanta importância um como o outro na organização da nossa memória de longo prazo, e desempenham funções análogas.” Aspecto que fundamenta a necessidade de utilizar menus e indicações textuais como âncora para o utilizador.

Jolly M.<sup>99</sup> (1999:p56) situando a análise da imagem no esquema proposto por Jacobson, refere que “toda a mensagem requer primeiramente um contexto, também *designado* como referente; requer seguidamente um código pelo menos parcialmente comum ao destinador e ao destinatário; é também necessário um contacto, canal físico entre os protagonistas que permite estabelecer e manter a comunicação.”

Apesar da reconhecida iconicidade dos signos visuais das interfaces gráficas, com uma função denotativa (ou cognitiva, ou referencial) bem expressa que concentra o conteúdo da mensagem no essencial reconhece-se que, como refere Ernest Gombrich, citado por M. Jolly (op cit:61), que os ícones podem ser também um

---

<sup>97</sup> LÉVY P. (1997). Ideografia Dinâmica. Lisboa. Instituto Piaget.

<sup>98</sup> Consultado em linha <http://tip.psychology.org/paivio.html> em 04-10-2006

<sup>99</sup> JOLLY M. (1999). Introdução à análise da Imagem. Lisboa. Edições 70

instrumento de conhecimento porque servem para ver o próprio mundo e interpretá-lo. Alguns exemplos de ícones apresentam, intencionalmente, uma função expressiva dando um certo cariz subjectivo à mensagem. Neste estudo, não se desenvolve esta questão, mas consideramos que esta situação pode permitir, ao nível da aprendizagem, aspectos positivos na construção do modelo mental facilitando posteriormente a operação em tarefas mais complexas.

#### 4.4.1 Áreas de trabalho das interfaces gráficas

Nestas aplicações, mesma área tecnológica, encontramos padrões visuais que definem, neste domínio, uma simbologia aceite pela generalidade das empresas.

Na presente análise pretendemos apenas caracterizar, sem considerar a possível personalização dos elementos gráficos, aspectos gerais (visuais) da interface sem atender a questões de estrutura, filosofia de modelação 3D e visualização tridimensional.

Adaptando e sintetizando diversos questionários utilizados para medir a usabilidade de interfaces<sup>100</sup> desenvolvemos, especificamente para aplicações de projecto 3D uma grelha de análise que *designámos* CESIG<sup>101</sup> onde consideramos os aspectos da interface fundamentais para uma caracterização visual:

#### Quadro 4-2 – Aspectos de caracterização na grelha CESIG

<b>Ecrã (aparência global)</b>
Clareza do ecrã
O número de cores no ecrã
Consistência do uso funcional das cores
Elementos gráficos utilizados
Contraste entre gráficos e fundo
Integração e coerência dos diversos elementos gráficos
<b>Menus</b>
Disposição dos menus no ecrã principal
Consistência de submenus
Consistência dos menus flutuantes
Operacionalidade dos menus flutuantes
Adaptação dos menus flutuantes ao contexto
<b>Barras de ferramentas</b>
Disposição das barras de ferramentas
Dimensão das barras de ferramentas
Capacidade de ajuste das barras de ferramentas

<sup>100</sup> Em linha [http://www.usabilitynet.org/tools/r\\_questionnaire.htm](http://www.usabilitynet.org/tools/r_questionnaire.htm) consultado em 03-10-2006

<sup>101</sup> Caracterização da Estrutura Semiótica da Interface Gráfica

---

<b>Janelas de diálogo</b>
Legibilidade das janelas de diálogo flutuantes
Dimensão das janelas de diálogo flutuantes
Capacidade de ajuste das janelas de diálogo flutuantes

---

<b>Espaço de trabalho</b>
Espaço de trabalho para o desenvolvimento dos projectos
Capacidade de ajuste do espaço de trabalho

---

<b>Texto e tipografia</b>
Estilo das fontes de texto
Dimensão das fontes de texto
O texto e princípios da legibilidade
A cor do texto e princípios da legibilidade
Contraste entre texto e fundo

---

<b>Ícones gráficos</b>
Legibilidade dos ícones gráficos
Consistência semiótica dos ícones gráficos (concreção)
Consistência semiótica dos ícones gráficos (distância semântica)
Consistência semiótica dos ícones gráficos (familiaridade)
Reforço com texto dos ícones gráficos

---

#### 4.4.1.1 Estrutura semiótica da interface gráfica *SolidWorks*

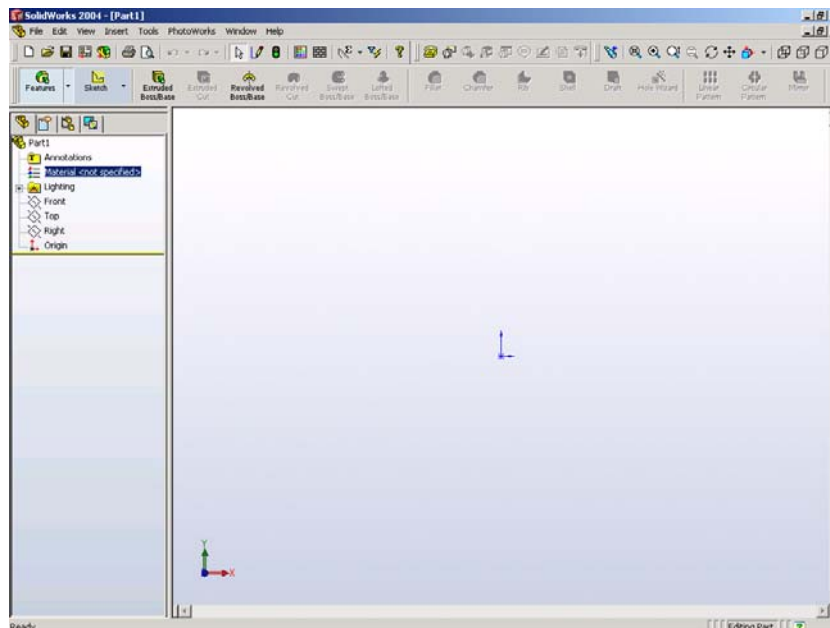


Figura 4-1 –Estrutura semiótica da interface gráfica *SolidWorks*

Analisámos a interface (configuração inicial) do *SolidWorks* com base na grelha CESIG<sup>102</sup> e não encontramos elementos inadequados. A consistência funcional das cores do fundo do ecrã não será a mais indicada mas é possível personalizar. A

---

<sup>102</sup> Resultados em anexo.

dimensão das barras de ferramentas pode, com ecrãs de alta resolução, tornar-se muito pequena. Alguns ícones apresentam problemas de consistência semiótica no domínio da distância semântica. Verifica-se uma integração óbvia com a tecnologia de moldes com representações visuais de ferramentas muito específicas. Todos os ícones possuem texto explicativo o que suprime, em parte, esta disfunção detectada.

#### 4.4.1.2 Estrutura semiótica da interface gráfica do 3D Studio Max

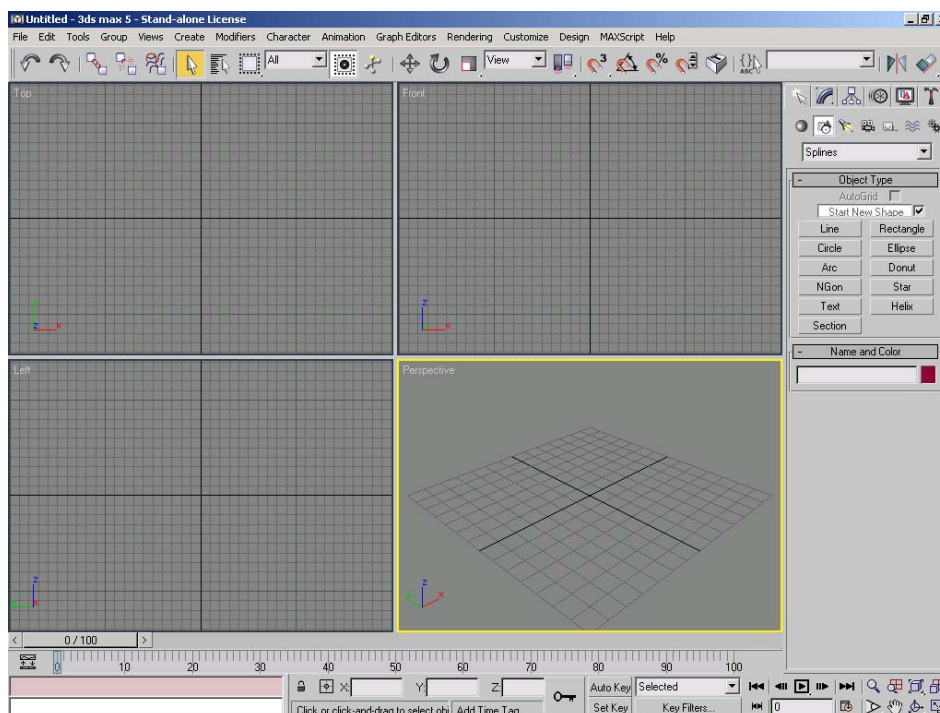


Figura 4-2 – Estrutura semiótica da interface gráfica 3D Studio MAX

Do mesmo modo analisámos a interface (configuração inicial) do 3D Studio MAX com base na grelha CESIG<sup>103</sup> e não encontrámos elementos inadequados. No entanto consideramos que o excesso de elementos presentes no ecrã não permite a clareza desejável e causa alguns problemas com a integração dos diversos elementos gráficos. As janelas de diálogo com formulários não permitem o redimensionamento o que por vezes esconde o projecto e ocupam demasiado espaço no ecrã. Alguns ícones apresentam problemas de consistência semiótica no domínio da distância semântica e familiaridade.

Globalmente as interfaces destas aplicações cumprem todos os parâmetros ergonómicos exigidos.

<sup>103</sup> Resultados em anexo.

#### 4.4.2 Análise semiótica dos “objectos/ícones”

É vulgar em aplicações informáticas atribuir-se a *designação* de ícones aos signos visuais que funcionam como motores da interacção. Em termos semióticos os signos são classificados segundo as qualidades que lhes permitem representar os objectos ou conceitos a que se referem e classificam-se em ícones, símbolos e índices:

O ícone é algo que pela sua aparência física se assemelha ao objecto a que se refere. Numa interface gráfica são intuitivos, de aprendizagem simples e normalmente reconhecidos pelos utilizadores.

Para um signo se tornar símbolo há que haver um acordo prévio entre todos os utilizadores. Muitos ícones tornaram-se símbolos pela sua utilização em aplicações universais.

O índice faz referência à causa que é a razão de ser do signo e depende de um objecto efectivo.

Nesta análise iremos seleccionar e agrupar conjuntos de “objectos/ícones” que se caracterizam pelas acções produzidas ou pelo interesse de conceitos subjacentes no intuito de clarificar a exposição.

- “Objectos/ícones” de visualização;
- “Objectos/ícones” de construção 3D;

##### 4.4.2.1 “Objectos/ícones” de visualização

A visualização dinâmica associada a técnicas de manipulação directa é uma das componentes que tornam estas aplicações numa ferramenta que faculta a simulação de projectos virtuais e o consequente estudo em pormenor de constrangimentos antes da realização física dos objectos.


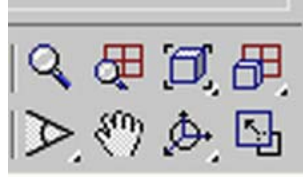



	<i>SolidWorks</i>
	<i>3D Studio Max</i>

Figura 4-3 – Ícones de visualização dinâmica

A função de *zoom* que permite visualizar pormenores ou panorâmicas gerais de um projecto é representada por um signo com a imagem de uma lupa . Pela sua utilização universal este signo passou a ser o símbolo de *zoom* nestas aplicações. Associado ao símbolo são visíveis índices que orientam o utilizador sobre o tipo de “*zoom*” a efectuar. É usual o signo (+) para ampliação, o (-) para redução e outros que indicam através de setas o sentido da deslocação do apontador, um rectângulo no interior da lupa para “*zoom*” em janela, etc. Por vezes a cor, neste caso o vermelho, reforça o índice distinguindo as diversas opções de interacção.

Da mesma forma a função “*pan*” que traduz o deslocamento do papel é normalmente traduzido pelo símbolo de uma mão  substituído em certas aplicações por . O segundo caso, um signo indicial, provoca, em certas aplicações, uma certa confusão dado que o mesmo signo é vulgarmente usado para o deslocamento de um objecto em relação ao referencial.




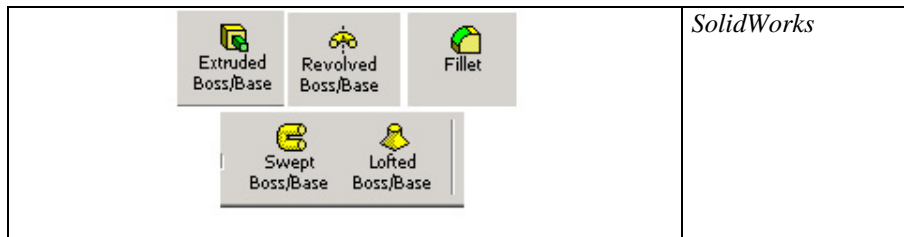
Ainda no domínio da visualização 3D, estas aplicações permitem “rodar” dinamicamente o objecto com a função “*orbit*” representada em certas aplicações de forma metafórica  com um planeta e um satélite e noutras de forma mais indicial que pressupõe conhecimentos de física aos utilizadores   mostrando o referencial ortonormado e uma rotação espacial através de setas ou simplesmente com um círculo (indiciando o tipo de movimento a executar com o dispositivo apontador).



Figura 4-4 – Ícones de visualização (diferentes vistas no espaço)

Este conjunto de ícones, ainda no domínio da visualização, faz, de certa forma a ligação do 3D com o 2D, representando o espaço 3D por um cubo e posicionando, através de uma face colorida, que representa a orientação do plano. Interessante como a cor é o índice neste ícone.

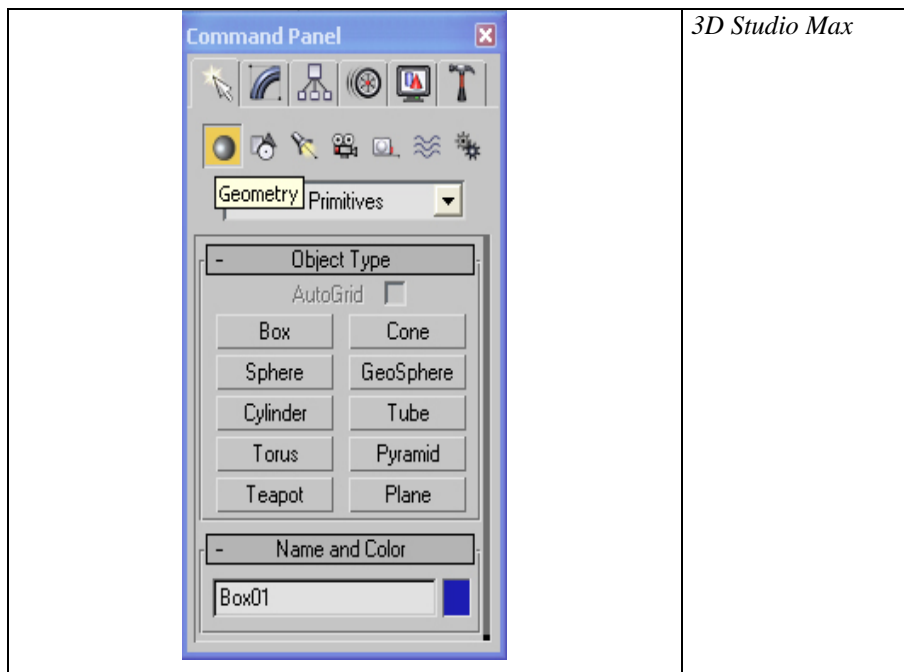
#### 4.4.2.2 “Objectos/ícones” de construção 3D



**Figura 4-5 – Ícones de construção 3D (operações)**



**Figura 4-6 – Ícones de construção 3D (primitivas)**



**Figura 4-7 – Painel de construção 3D (primitivas)**

Este tipo de iconografia apresenta características diferentes da anterior (visualização). O utilizador está perante um ícone que mostra o resultado final da acção mas que não fornece indicação explícita de como obter esse resultado. Alguns destes signos desencadeiam acções interactivas que só através do dispositivo

apontador e da introdução de dados numéricos numa ordem definida o resultado é obtido.

Na aplicação *3D Studio MAX* o objecto referenciado é obtido directamente. O sistema “pede” determinados parâmetros através de mensagens linguísticas e apresenta o resultado da acção no espaço de construção.

No *SolidWorks* é pressuposto uma construção bidimensional anterior ao sólido 3D. Os objectos necessitam de linhas de suporte que permitam a geração do objecto a executar. Neste caso os ícones, além de mostrarem o resultado final apresentam índices de como o obter ou pela utilização de cores em faces específicas ou pela introdução de elementos adicionais e coloração de faces.

É significativa a diferença na forma de construção dos ícones em cada uma das aplicações. No *SolidWorks*, aplicação mais direccionada para a engenharia os ícones são mais intuitivos exigindo menos tempo de aprendizagem dos códigos. O modelo conceptual está bem definido e orientado para a precisão na concepção dos objectos.

O *3D Studio MAX*, aplicação mais direccionada para a criatividade, para a visualização e simulação virtual de formas e cenários. Toda a estrutura semiótica da interface contribui para uma dimensão mais subjectiva, menos intuitiva mas que permite aprendizagens iniciais mais flexíveis.

Esta abordagem é o ponto de partida para a presente investigação empírica que permitirá concluir sobre a importância da estrutura semiótica e dos elementos sígnicos incluídos na interface para a maior ou menor facilidade na aprendizagem da aplicação já que, de alguma forma, algumas conclusões apontam no sentido de provar que essa estrutura é responsável pelo modelo mental criado nos utilizadores da aplicação.

CAPÍTULO 5  
METODOLOGIA



## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Perfil da população

O estudo foi integralmente desenvolvido na Escola Superior de Artes e *Design* em Caldas da Rainha que disponibilizou as condições materiais e humanas exigidas ao projecto. Os laboratórios de informática equipados com os recursos físicos e as aplicações 3D permitiram trabalhar com os alunos dos cursos de *design* num ambiente que lhes é familiar.

Seleccionámos como população as licenciaturas de *design* ligadas à concepção de produto (*Design* Industrial e *Design* e Tecnologias para Cerâmica do 2º ano) e *Design* e Tecnologias Gráficas do 1º ano.

A justificação desta escolha tem fundamentalmente a ver com aspectos funcionais e de oportunidade temporal que possibilitaram gerir sem condicionalismos operacionais o caso em estudo:

- É nesta fase curricular que funcionam as disciplinas de projecto 3D por computador referidas no problema a investigar;
- É nestas turmas que o investigador é professor estando naturalmente integrado nos grupos em análise;
- O estudo, pelos seus objectivos, inseriu-se nas disciplinas de Computação Gráfica e CAD I o que permitiu a sua realização quase sem acréscimo de tempo aos alunos nem sessões extra que perturbassem o normal desenrolar das aulas;
- O facto dos alunos saberem que mais tarde utilizariam como ferramentas de projecto 3D as aplicações em teste funcionou como motivação adicional para a sua participação;
- O desenvolvimento programático destas disciplinas permitiu integrar e gerir temporalmente todas as actividades necessárias ao projecto;
- Todos os alunos se encontram numa fase idêntica de aprendizagem nas aplicações de projecto 3D.

Apesar de, numa primeira análise, a população constituída pelos alunos das licenciaturas referidas nos garantir em termos de passado educacional, motivação para o *design*, idade e nível cultural muito semelhantes, para nos certificarmos da homogeneidade da amostra a seleccionar efectuámos a oitenta e oito alunos (cerca de 95% da totalidade dos alunos inscritos nas licenciaturas referidas) um questionário sobre o percurso curricular e literacia informática.

## **5.2 Caracterização da população**

Além da caracterização da população em termos de idade, sexo e formação base do ensino secundário considerámos fundamental conhecer as competências e habilidades nos domínios da matemática, geometria e informática que eventualmente influenciariam o desempenho dos alunos durante a execução das tarefas programadas.

Dos dados resultantes, a primeira conclusão é que grande parte dos alunos tem proveniência de cursos ligados às artes ou ao *design* (71,6% do curso Geral de Artes, 19,3% do curso Tecnológico de *Design*, 3,4% do Curso de Tecnológico de Artes e Ofícios e 5,7% da área Científico-Natural) . O percurso curricular desta população permitiu-nos perceber que, na maioria dos alunos, as capacidades de visualização ou pensamento visual foram trabalhadas tanto ao nível do 9º ano do Ensino Básico onde na disciplina de Educação Visual (que actualmente não é obrigatória) foram abordados alguns métodos de representação codificada como a perspectiva cónica simplificada, axonometrias e projecções ortogonais através de formas tridimensionais como no Ensino Secundário onde a Geometria Descritiva (disciplina obrigatória para a maioria) decerto funcionou como um meio de aquisição e desenvolvimento de pensamento visual.

As idades variaram entre os 18 e os 23 anos situando-se a média nos 20 anos.

A percentagem de raparigas foi 63,6 e de rapazes 36,4.

Relativamente ao percurso curricular na área da geometria e matemática o quadro 5-1 apresenta os valores percentuais determinados.

**Quadro 5-1 – Percurso curricular na área da geometria e matemática**

Disciplinas	Concluíram	Não Concluíram
Matemática <sup>104</sup>	61,4	38,6
Geometria Descritiva	95,5	2,3

Alguns alunos, 12,5%, frequentaram extra curso acções de formação em desenho.

Na área da informática, considerando que no ensino secundário a disciplina TIC ainda não era obrigatória (actualmente faz parte dos programas no 10º ano ) para estes alunos o que justifica a baixa percentagem de conclusão, podemos inferir, no entanto, que dado a maioria dos alunos provir de áreas tecnológicas onde as disciplinas de tecnologias possuem vertentes informáticas importantes a sua formação nestes domínios foi relevante no secundário.

**Quadro 5-2 – Percurso curricular na área da informática**

Disciplinas	Concluíram	Não Concluíram
TIC no E. Secundário	11,4%	87,5%
Introdução à Informática	94,3%	5,7%
Informática <sup>105</sup>	60,2%	4,5%

O quadro 5-3 apresenta dados referentes à utilização frequente de programas informáticos pelos alunos.

**Quadro 5-3 – Programas informáticos utilizados frequentemente pelos alunos**

Programas	Utilizam
Processador de texto	92,0%
Folha de Cálculo	23,9%
Desenho Vectorial	71,6%
Edição de Imagem	84,1%

Outra questão que nos interessava era saber se os alunos possuíam alguma formação específica em tecnologias de projecto por computador já que este foi o nosso domínio de análise e um excesso de habilidades dos alunos poderiam falsear os dados obtidos.

<sup>104</sup> Os alunos de DTG encontram-se a frequentar a disciplina que pertence ao currículo do 1º ano

<sup>105</sup> Os alunos de DTG não têm a disciplina de Informática no currículo do curso

**Quadro 5-4 – Frequência de cursos de projecto por computador**

	Frequentou	Não Frequentou
Ensino Secundário	19,3%	80,7%
Extra Curso	8,0%	92,0%

Principalmente os alunos provenientes do curso Tecnológico de *Design* têm formação em projecto 2D nas disciplinas de tecnologias daí os 19,3% da tabela.

Quanto à utilização da Internet 87,5% dos alunos afirmou usar frequentemente a Internet e 12,5% utiliza esporadicamente.

O quadro 5-5 apresenta dados sobre o tipo de utilização da Internet pelos alunos.

**Quadro 5-5 – Tipo de utilização da Internet**

Tipo de utilização	(%)
Pesquisar	5,7
Pesquisar e correio electrónico	13,6
Pesquisar, correio electrónico e conversar	52,3
Pesquisar, jogar, correio electrónico e conversar	9,1
Pesquisar, compras, jogar, correio electrónico e conversar	8,0
Pesquisar e outras situações	11,3

Face à situação que pretendíamos analisar considerámos como características de equidade para o nosso estudo as seguintes:

- Idade;
- Sexo;
- Percorso curricular na área da matemática e desenho;
- Percorso curricular na área da informática;
- Experiência com computadores e interfaces gráficas;
- Pouca experiência em projecto 3D por computadores;
- Motivação;
- Atitude.

A análise dos dados do questionário levou-nos a concluir que a população em estudo não apresentava assimetrias em domínios que eventualmente provocassem

enviesamento dos dados a obter e admitimos que qualquer aluno estaria em condições de pertencer à amostra.

Em cada grupo de *design*, solicitámos a participação voluntária de 15 alunos que, após as explicações necessárias, se comprometeram a participar em duas sessões com a duração de aproximadamente duas horas e à participação nas entrevistas de grupo em duas sessões de aproximadamente uma hora.

A amostra participante constituiu-se então por 30 alunos provenientes das duas vertentes dos cursos de *design*: 15 de *Design* de Produto (DP) e 15 de *Design* Gráfico (DG).

Caracterizamos a amostra como opinática e admitimos à partida que poderia haver um ajustamento contínuo da amostra garantindo sempre as condições definidas para as unidades de análise.

## 5.3 Desenho metodológico

### 5.3.1 Ensaios de interacção

O desenho metodológico da investigação comportava utilização de técnicas directas e indirectas para recolha de dados empíricos.

Inicialmente o trabalho de campo previa cinco sessões com cada grupo obedecendo a uma planificação estruturada da seguinte forma:

- Sessão de preparação dos alunos (30 minutos);
- 1ª Sessão de trabalho (2 horas) para aprendizagem da aplicação e execução de uma tarefa exploratória. O grupo de DP trabalharia com o *SolidWorks* e o grupo DG com o *3D Studio MAX*;
- 2ª Sessão (45 minutos) para obtenção de informações qualitativas através de entrevista com o objectivo de auscultar o grupo sobre aspectos da usabilidade da interface;
- 3ª Sessão de trabalho (2 horas) para aprendizagem da outra aplicação e execução de uma tarefa exploratória. O grupo de DP trabalharia com o *3D Studio MAX* e o grupo DG com o *SolidWorks*;
- 4ª Sessão (45 minutos) para obtenção de informações qualitativas através de entrevista com o objectivo de auscultar o grupo sobre aspectos da usabilidade da interface, neste caso com o conhecimento da outra aplicação.

Com o decorrer do processo fomos obrigados a efectuar ajustamentos à planificação inicial de forma a agilizar procedimentos e adaptá-los às condições reais de disponibilidade das salas, equipamentos e horário dos alunos.

A sessão de preparação foi incluída na 1ª sessão de trabalho dado que o questionário previsto preencher fora apresentado numa sessão anterior com toda a população presente e já dispúnhamos de todos os dados necessários.

Na 1ª sessão foram explicados os objectivos da investigação e todos os procedimentos operacionais e éticos inerentes ao projecto.

Optámos por efectuar esta sessão com a aplicação o *3D Studio MAX* para ambos os grupos a fim de minimizar e efeitos de transferência diferenciados que tornariam a análise mais complexa.

Nesta sessão, após uma breve explicação teórica levada a efeito pelo investigador abordando conceitos gerais de projecto 3D e de uma apresentação focalizada da interface da aplicação (30 a 45 minutos), cada aluno foi convidado a executar um projecto básico estruturado (uma composição tridimensional com formas geométricas formando um conjunto coerente) tentando atingir os objectivos operacionais:

- Reconhecer zonas específicas da interface;
- Reconhecer sistemas de coordenadas espaciais;
- Identificar tipos de primitivas;
- Criar objectos no espaço 3D;
- Orientar objectos nas diversas vistas 3D;
- Copiar objectos;
- Parametrizar e modificar objectos;
- Situar objectos coerentemente no espaço;
- Utilizar técnicas de visualização 3D;

O investigador apresentou um objecto físico como base de trabalho.



**Figura 5-1 – Modelo a executar pelos alunos (visto de frente)**

Todos os alunos manipularam fisicamente o objecto inteirando-se das formas a realizar. O modelo ficou visível durante a sessão.



**Figura 5-2 – Modelo a executar pelos alunos (visto de trás)**

Foi ainda referido que este modelo serviria apenas como referência devendo os alunos criar todos os elementos visíveis podendo alterar as formas e introduzir variantes.

Uma simulação realizada anteriormente pelo investigador assegurou que 30 minutos seriam suficientes para a conclusão da tarefa e que as observações resultantes permitiriam uma análise efectiva dos dados.

Com base na literatura mais recente em usabilidade, Stone (2005)<sup>106</sup>, e estudos com características idênticas ao nosso, Hamade (2005)<sup>107</sup> e Wiebe (1993)<sup>108</sup> optámos pela gravação do registo automático dos movimentos efectuados pelo utilizador já que permitiria analisar posteriormente o comportamento interactivo sem necessitar de outros elementos estranhos presentes para recolher os dados que perturbariam as interacções.

Durante a execução da tarefa o professor/investigador observou directamente o grupo e registou os comportamentos relativos à não funcionalidade da interface limitando a sua intervenção à resolução pontual de problemas operacionais.

O registo automático de movimentos, ao executar a tarefa, de cada aluno foi guardado para posterior análise.

---

<sup>106</sup> STONE, D., JARRET, C., WOODROFFE, M., & MINOCHA, S. (2005). *User interface design and evaluation*. San Francisco: Morgan Kaufmann ,Elsevier Science.

<sup>107</sup> HAMADE, R. F., ARTAIL, H. A., & JABER, M. Y. (2005). Evaluating the learning process of mechanical CAD students. *Computers & Education*, 49, 640-661.

<sup>108</sup> WIEBE, E. (2003). Transfer of Learning Between 3D Modeling Systems. *Engineering Design Graphics Journal*, 67(3), 15-28.

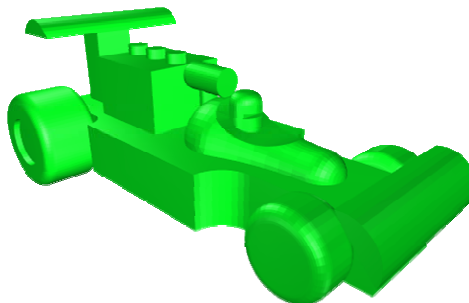
No final da 1ª sessão foi marcada uma data para entrevista em grupo (2ª sessão prevista) com o objectivo de recolher informações qualitativas que evidenciassem a perspectiva individual de cada elemento num contexto colectivo centrando a opinião dos alunos, de forma não estruturada, nos diferentes aspectos da interface, da navegação e da estrutura da aplicação.

Dado a compromissos imprevistos de avaliação dos alunos compreendemos que não seria possível realizar a entrevista com todo o grupo presente pelo que considerámos alterar a sequência das acções avançando para a sessão com a outra aplicação e efectuar apenas no final das sessões práticas entrevistas individuais semi-estruturadas que complementariam a análise dos registos automáticos de movimentos.

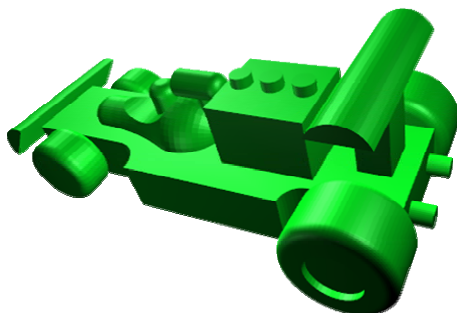
Os procedimentos da 2ª sessão foram idênticos aos da primeira com uma apresentação focalizada da interface do *SolidWorks* (30 minutos) sem acentuar explicitamente as diferenças do modelo conceptual da interface em relação ao anterior.

Após a apresentação cada aluno foi convidado a executar o mesmo projecto básico estruturado (uma composição tridimensional com formas geométricas formando um conjunto coerente) tentando atingir os mesmos objectivos operacionais da sessão anterior.

O investigador apresentou um modelo digital do objecto como base de trabalho. Este modelo foi disponibilizado a todos, podia ser acedido e manipulado dinamicamente sempre que o aluno entendesse facilitando a visualização das formas.



**Figura 5-3 – Modelo digital interactivo (visto de frente)**



**Figura 5-4 – Modelo digital interactivo (visto de trás)**

Mais uma vez foi referido que este modelo serviria apenas como referência devendo os alunos criar todos os elementos visíveis podendo, no entanto, alterar as formas e introduzir variantes.

Como na primeira sessão, durante a execução da tarefa o professor/investigador observou directamente o grupo, registou os comportamentos relativos à não funcionalidade da interface limitando a sua intervenção à resolução pontual de problemas operacionais.

O registo automático de movimentos, ao executar a tarefa, de cada aluno foi também guardado para posterior análise.

### 5.3.2 Interface *SolidWorks* – informação transmitida

Para o ensaio de interacção foram inicialmente transmitidas aos alunos informações genéricas sobre as zonas da interface consideradas importantes para a análise comportamental e os procedimentos elementares de construção, manipulação e visualização de objectos 3D em cada uma das aplicações.

#### 5.3.2.1 Interface gráfica do *SolidWorks*

O *SolidWorks* é uma aplicação de projecto CAD 3D relacional e paramétrica. O objectivo é a modelação precisa de peças e conjuntos para produção industrial. Dispõe de ferramentas específicas para *design* de produto e engenharia.

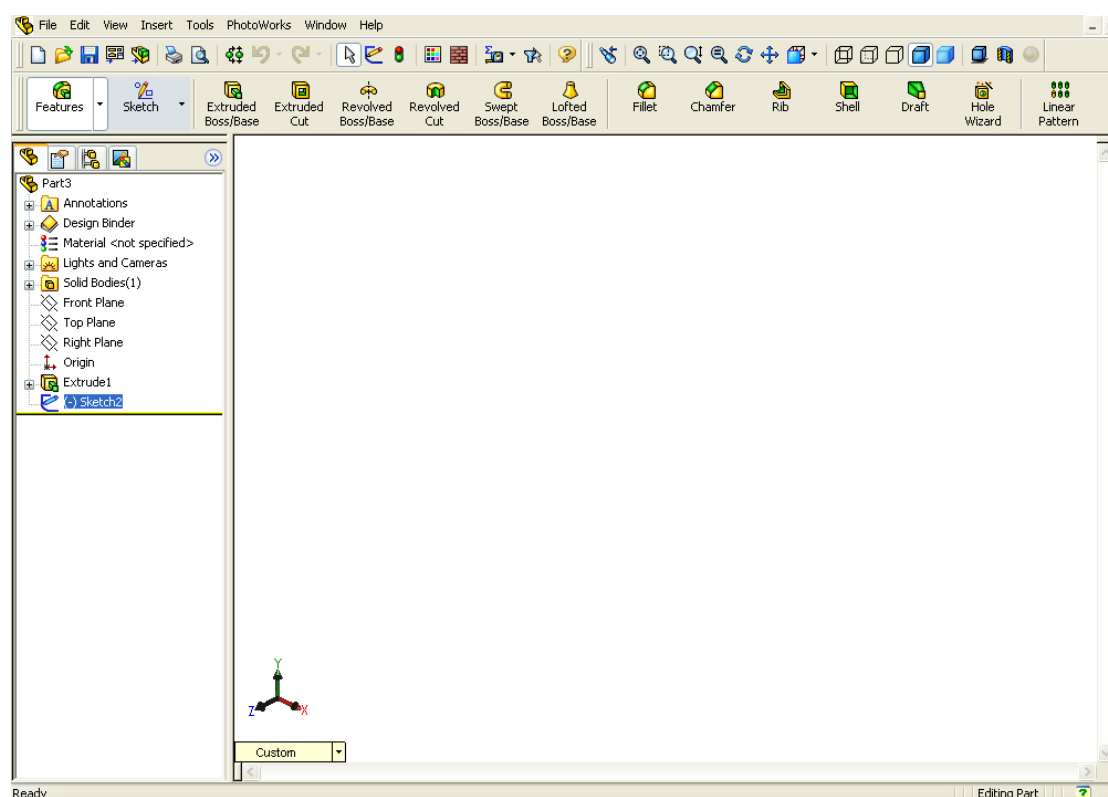


Figura 5-5 – Interface gráfica do *SolidWorks*

Apresenta uma interface WIMP de manipulação directa típica, uma janela gráfica e um painel lateral funcionando como um histórico que mostra todos os passos do processo permitindo ainda a respectiva edição e alteração de operações 3D, 2D e respectivos de parâmetros.

A disposição dos elementos é configurável. No ensaio de interacção foi utilizada a configuração base sem alterações formais.

A maioria das aplicações tipo *SolidWorks* (modeladores por sólidos) possui uma filosofia de construção semelhante. Há que definir uma forma base 2D e posteriormente adicionar ou retirar volume com operações 3D.

Para realizar um projecto elementar a sequência de procedimentos indicada permite criar um objecto 3D muito simples obtido por extrusão:

1. Seleccionar um plano de construção;
2. Activar barra de ferramentas 2D;
3. Selecção de ferramentas 2 D e realização da forma;
4. Activar barra de ferramentas 3D;
5. Selecção da operação 3D e parametrizar;
6. Aceitar parâmetros;
7. Editar forma 2D se necessário;
8. Ajustar a vista com as ferramentas de visualização para uma nova operação.

Exemplificação gráfica:

### 1. Selecção do plano de construção

No painel lateral esquerdo seleccionar um plano base (frente, topo ou direita) dependendo da posição do objecto.

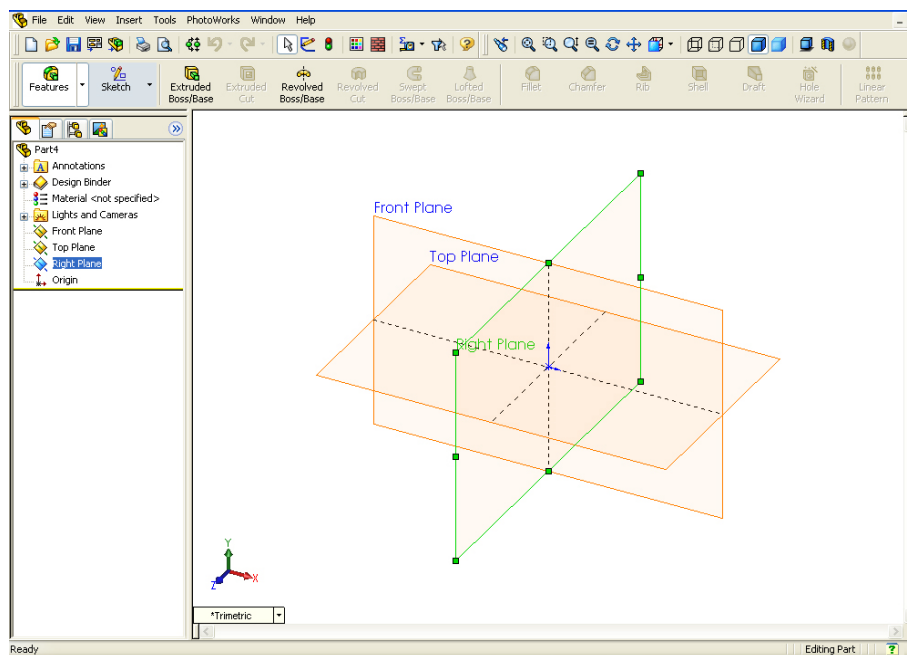


Figura 5-6 – Técnica de selecção de planos

## 2. Activação da barra de ferramentas 2D;

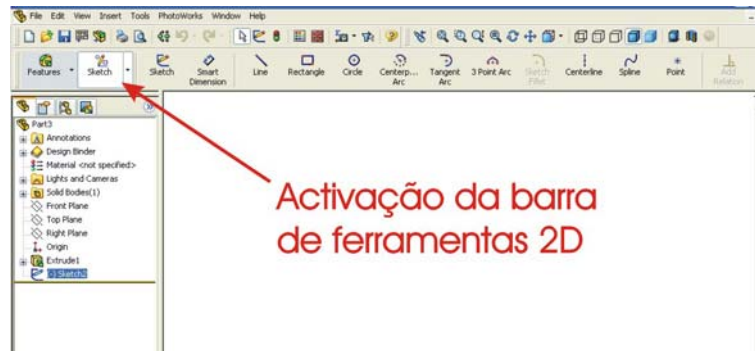


Figura 5-7 – Activação da barra de ferramentas 2D

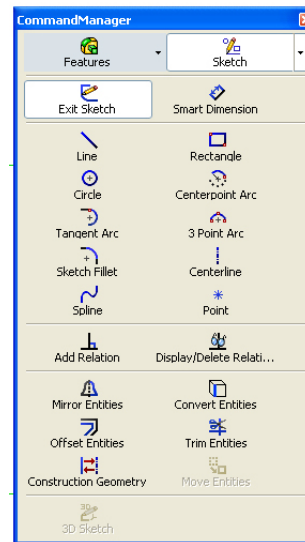


Figura 5-8 – Aspecto da barra de ferramentas 2D do *SolidWorks*

## 3. Selecção de ferramentas 2 D e realização da forma;

Após a selecção da ferramenta de construção 2D há que, através da manipulação directa de objectos (pontos, linhas ou arcos) definir a forma pretendida. Cada ferramenta possui uma filosofia de interacção própria dependente das características geométricas. Podem ser dados parâmetros na caixa de formulários.

Podem ainda ser atribuídas relações geométricas como paralelismo, verticalidade, tangencia, etc. que tornam esta aplicação relacional além de paramétrica.

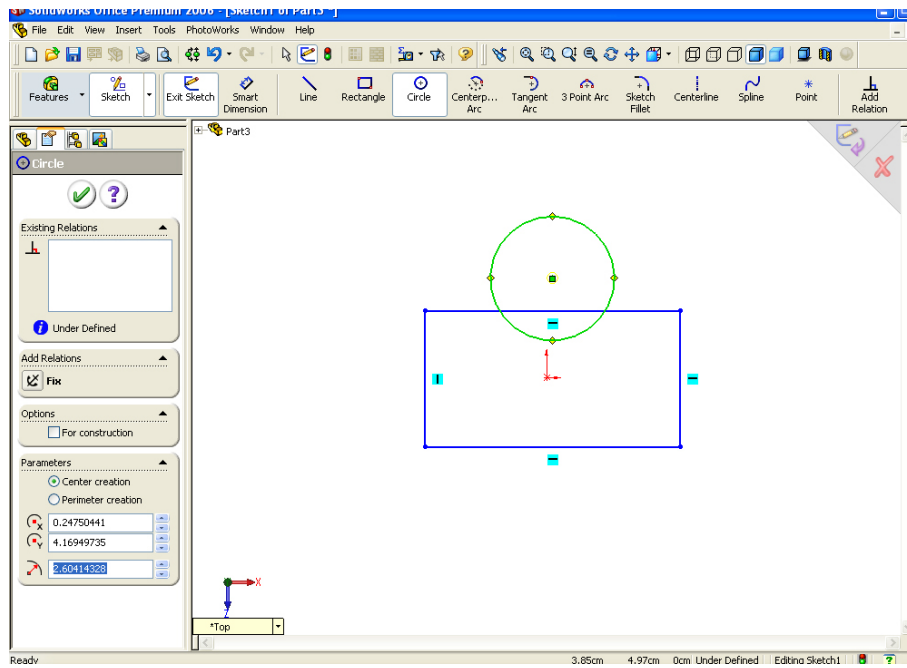


Figura 5-9 – Construção do *sketch* 2D

#### 4. Activação da barra de ferramentas 3D;

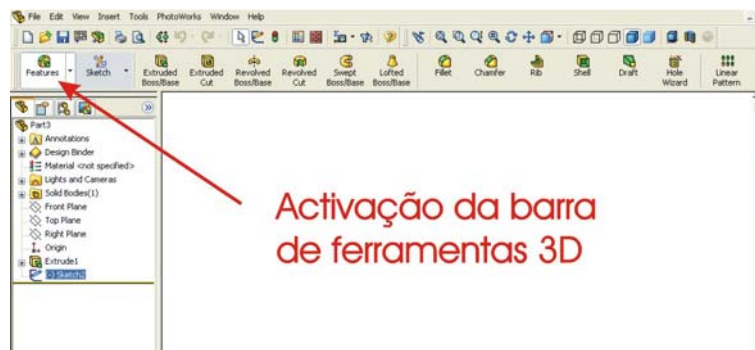


Figura 5-10 – Activação da barra de ferramentas 3D

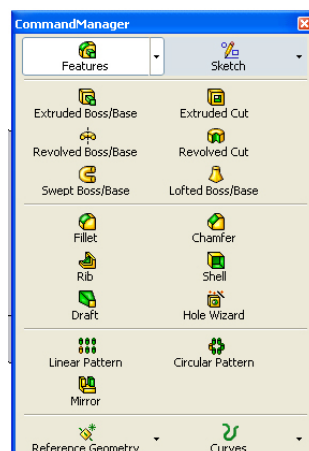


Figura 5-11 – Aspecto da barra de ferramentas 3D do *SolidWorks*

## 5. Selecção da operação 3D e parametrizar;

Neste caso pretende-se dar volume à forma 2D definida com uma operação 3D denominada extrusão. O valor introduzido no formulário definirá a altura do objecto num eixo perpendicular ao plano.

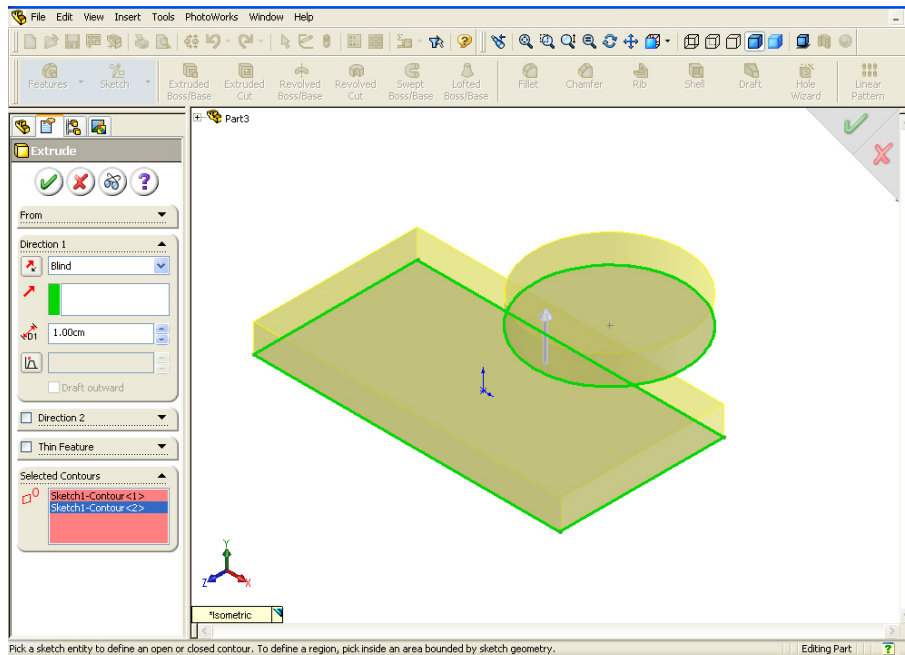


Figura 5-12 – Execução da operação 3D *Boss Extrude*

## 6. Aceitar parâmetros;

## 7. Editar forma 2D se necessário;

Como se referiu antes esta aplicação permite editar qualquer um dos parâmetros em 2D ou 3D.

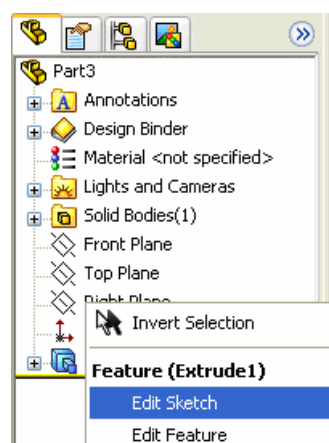


Figura 5-13 – Técnica para edição do *sketch 2D*

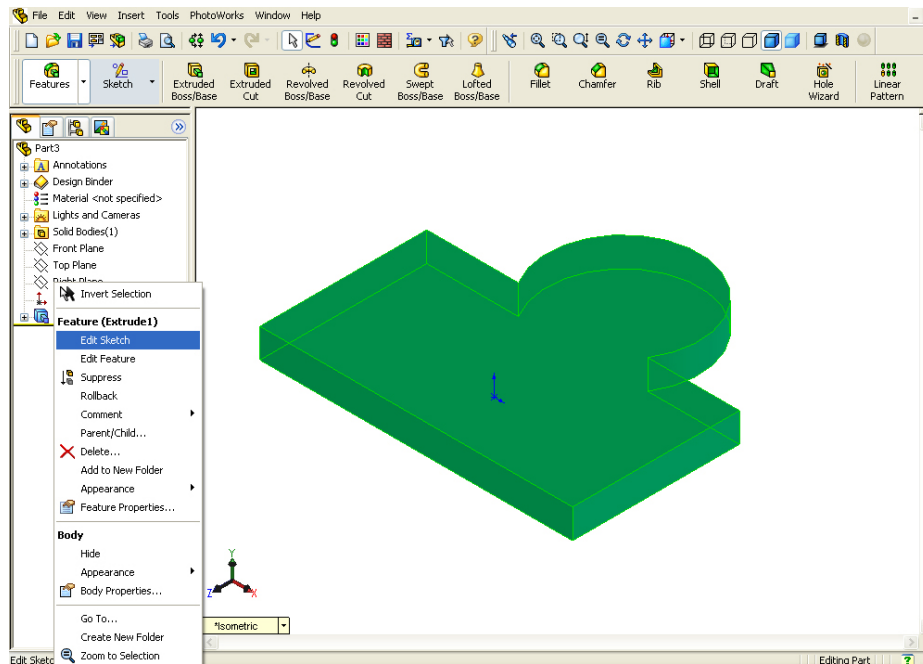


Figura 5-14 – Conclusão da operação 3D Boss Extrude

## 8. Ajustar a vista com as ferramentas de visualização para uma nova operação.

Para recomeçar um novo componente há que visualizar o objecto obtido anteriormente da forma mais conveniente para a selecção de um novo plano de trabalho que poderá ser uma das faces planares.

Após a manipulação dinâmica da vista seleccionar o plano e repetir a sequência.

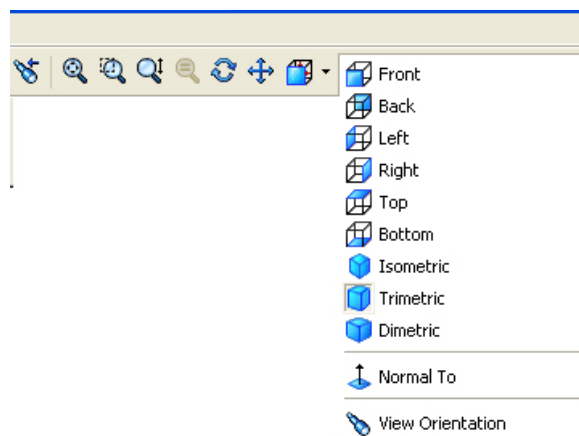


Figura 5-15 – Barra de ferramentas de visualização

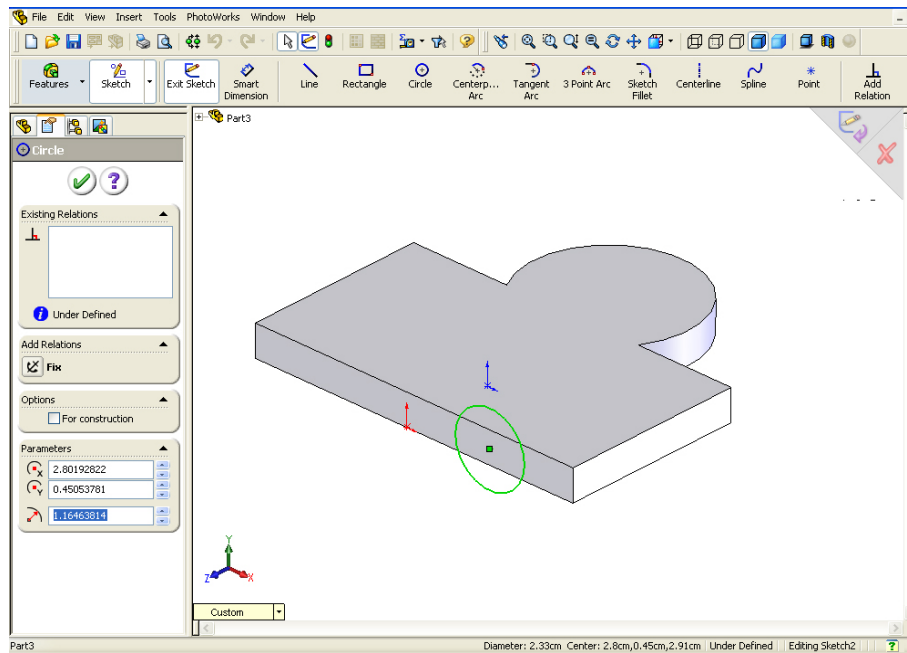


Figura 5-16 – Início de um novo *sketch* num plano (faces)

### 5.3.3 Interface 3D Studio MAX – informação transmitida

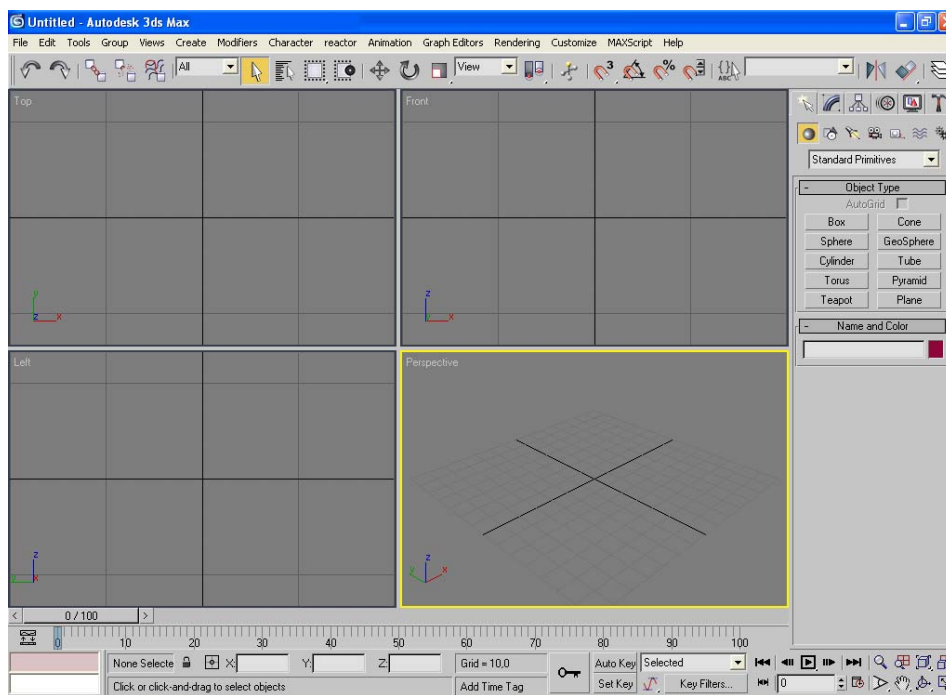


Figura 5-17 – Interface gráfica do 3D Studio MAX

O 3D Studio MAX, no seu todo, é uma aplicação muito complexa para os novos utilizadores dado que possui dezenas de formulários diferentes com parâmetros muito

específicos. Permite além da modelação 3D a criação de materiais foto realistas, a geração de cenários virtuais, simulação de iluminação e animação gráfica.

Como o *SolidWorks* apresenta uma interface tipo WIMP de manipulação directa, uma janela gráfica dividida em quatro vistas e um painel lateral variável onde se podem criar diversos elementos 2D ou 3D, luzes, câmaras, etc. ou editar e completar parâmetros dos elementos. Não funciona exactamente como um histórico mas como um auxiliar do menu permitindo outros níveis de interacção.

A disposição dos elementos é configurável. A imagem mostra a configuração base sem alterações.

Esta aplicação permite filosofias de construção muito diferentes do *SolidWorks* apesar de também permitir a modelação por sólidos.

A técnica de modelação mais básica consiste na utilização das formas geométricas já definidas (primitivas) bastando seleccionar no painel lateral ou no menu a forma pretendida e interactivamente (com o rato e respectivos botões) construir o objecto em 3D.

Também é possível modelar criando uma forma 2D e aplicar operações (modificadores) 3D. Para formas orgânicas são utilizadas técnicas de modelação através de polígonos e NURBS<sup>109</sup>.

Para realizar um projecto elementar a sequência de procedimentos indicada permite criar um objecto 3D directamente e efectuar translações e rotações interactivamente:

Sequência de procedimentos (objecto básico):

1. Seleccionar vista de trabalho;
2. Escolher no painel o objecto 3D;
3. Interactivamente definir a forma 3D;
4. Manipular dinamicamente o objecto criado;
5. Editar parâmetros se necessário no painel de modificação;
6. Visualizar;
7. Ajustar a vista com as ferramentas de visualização para uma nova operação.

---

<sup>109</sup> NURBS- *Nonuniform Rational B-Splines*

Exemplificação gráfica:

1. **Seleccionar vista de trabalho;**
2. **Escolher no painel o objecto 3D a construir;**

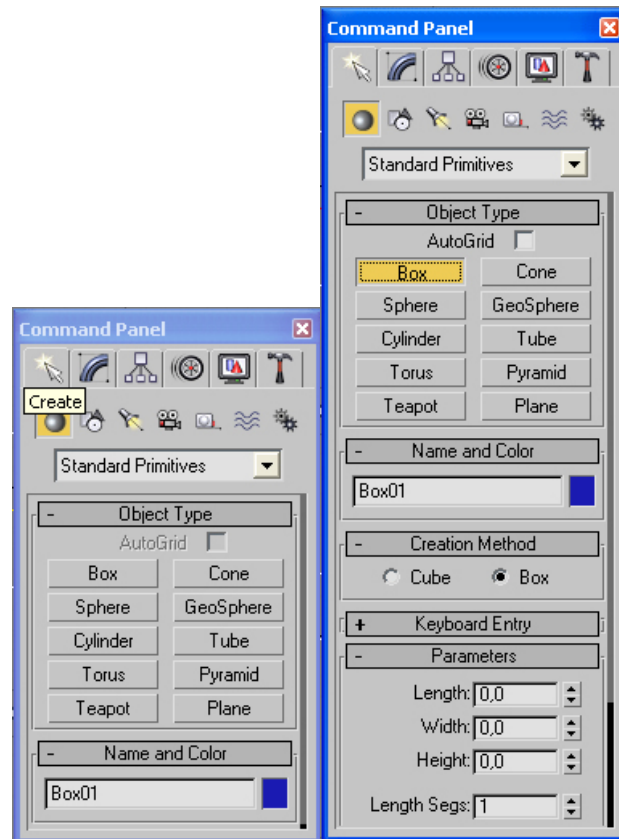


Figura 5-18 – Painéis de construção (activação do objecto *BOX*)

3. **Interactivamente definir a forma 3D;**

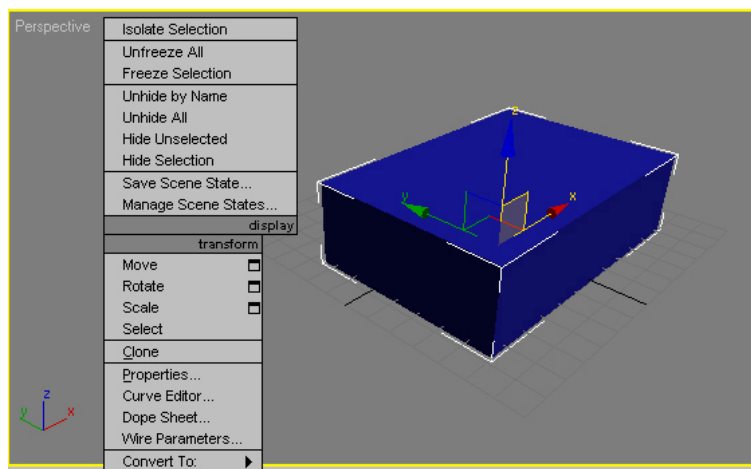


Figura 5-19 – Menu flutuante (activado com o botão direito do rato)

#### 4. Manipular dinamicamente o objecto criado



Seleccionando os ícones respectivos ou activando um menu de ecrã (com o botão direito do rato) é possível mover, rodar ou efectuar variações de escala com técnicas interactivas de manipulação directa.

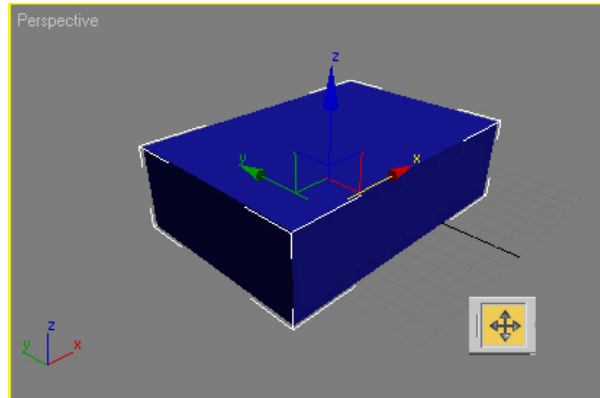


Figura 5-20 – Visualização dos eixos para translação (*MOVE*)

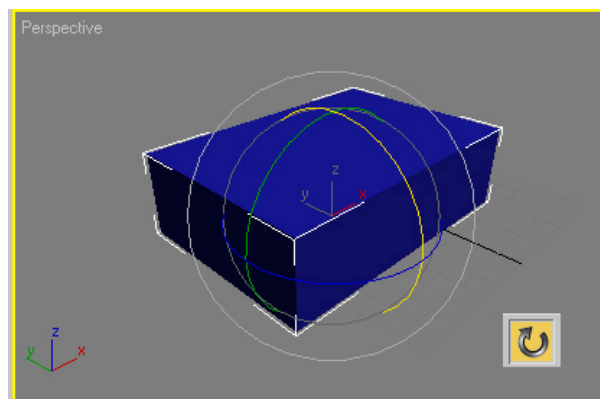


Figura 5-21 – Visualização dos auxiliares de rotação (*ROTATE*)

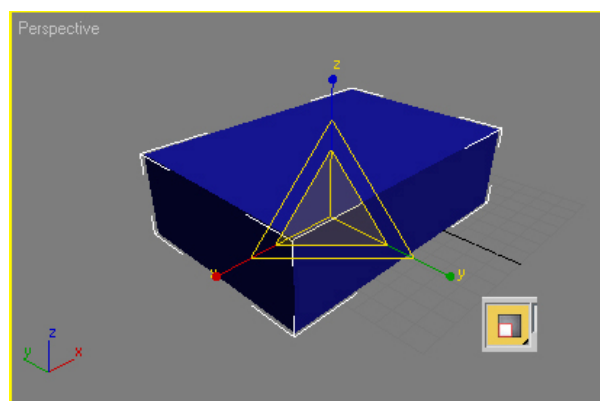


Figura 5-22 – Visualização dos auxiliares de homotetia (*SCALE*)

As referências dos eixos coordenados funcionam como auxiliares das operações descritas permitindo fixar a direcção de translação ou o eixo de rotação.

**5. Editar parâmetros se necessário no painel de modificação;**

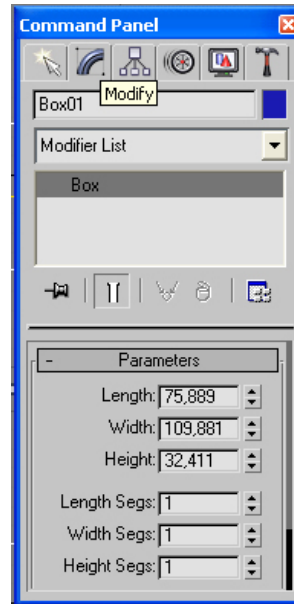


Figura 5-23 – Painel de modificação de parâmetros

**6. Visualizar;**

**7. Ajustar a vista com as ferramentas de visualização para uma nova operação**



Figura 5-24 – Barra de ferramentas de visualização

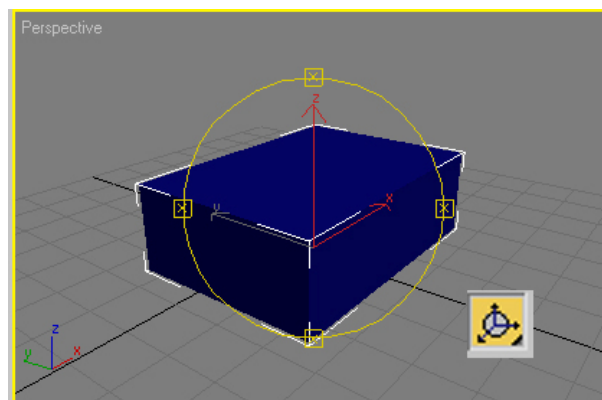


Figura 5-25 – Visualização dos auxiliares de manipulação dinâmica da vista

Para recomeçar um novo elemento há que visualizar o objecto obtido anteriormente da forma mais conveniente repetir os procedimentos e colocar os novos objectos coerentemente no espaço de forma a dar significado ao conjunto.

#### **5.4 Metodologia de análise de dados – registo automático de movimentos**

Ao seleccionarmos os registos automáticos de movimentos como instrumento fundamental de observação sabíamos que embora este recurso nos possibilite verificar o que o utilizador faz, não permite analisar o motivo que desencadeou o procedimento sendo a vertente qualitativa particularmente importante para completar esses registos.

Anteriormente neste estudo definimos eficiência da interface como o espaço de tempo entre o início da aprendizagem (utilização da aplicação) e um ponto onde o aluno adquiria autonomia suficiente para desenvolver projectos conceptuais não orientados. Centrámos-nos no período de tempo (30 minutos) que os alunos tiveram para executar a tarefa proposta e registámos uma série de ocorrências comportamentais na tentativa de obtermos curvas de aprendizagem e intervalos de autonomia significativos.

As interfaces gráficas proporcionam ao utilizador diferentes níveis de interacção. No caso das aplicações 3D identificamos ainda operacionalidades distintas referentes à construção, modificação, manipulação e visualização dos objectos no espaço 3D.

Para a construção de objectos as interfaces gráficas dispõem de zonas específicas que o aluno terá de identificar para posteriormente aplicar conhecimentos geométricos e técnicas interactivas que materializem a forma pretendida no espaço tridimensional. Por exemplo, no *3D Studio MAX*, para criar uma esfera, após activar uma vista 3D, terá de seleccionar a operação (menu ou painel), posicionar o cursor no ecrã manipulando o dispositivo apontador, premir o botão adequado para referenciar o centro e arrastá-lo para definir o raio. No caso do *SolidWorks* a mesma tarefa implica procedimentos distintos. O aluno deverá obrigatoriamente escolher um plano (seleccionando-o no ecrã ou no painel), apontar a posição do centro premindo o botão esquerdo, criar em 2D um semicírculo e aplicar uma operação 3D de revolução onde terá de indicar o eixo de revolução.

O exemplo permite diferenciar as aplicações relativamente à construção dos objectos e traduzir a complexidade das interacções e a carga cognitiva envolvida mesmo num nível básico de modelação 3D.

A modificação, a colocação coerente dos objectos, o dimensionamento e a visualização implicam interacções constantes com a manipulação directa de objectos, o preenchimento de formulários e técnicas particulares de gestão do dispositivo apontador.

Cada registo automático de movimentos além de mostrar os níveis de consecução da tarefa ao longo do tempo apresentava uma quantidade tal de variáveis comportamentais possíveis de analisar que sentimos necessidade de compartimentar a observação diferenciando aspectos relativos ao reconhecimento da interface, à operacionalidade na construção, modificação, manipulação e visualização.

Para cada uma destas vertentes foram estabelecidas grelhas de observação genéricas para as duas interfaces com variações pontuais exigidas pelo modelo conceptual das mesmas, definidos os comportamentos a observar e registados todos os factos considerados relevantes para a investigação.

#### **5.4.1 Reconhecimento da interface – atitudes durante a execução da tarefa**

---

##### **Comportamentos analisados**

---

- Utiliza painel para aceder a funções\*
- Utiliza menus para aceder a funções
- Tem dificuldade em seleccionar opção correcta (menu)
- Utiliza ícones para aceder a funções
- Tem dificuldade em identificar opção correcta (ícone)
- Navega na interface nas zonas adequadas à operação
- Experimenta novas soluções
- Aplica as novas soluções no projecto
- Navega na interface em zonas absurdas
- Evidencia sinais de confusão
- Demora a encontrar operação
- Interpreta mensagens de erro e avisos\*\*

Repete os erros de navegação  
Desiste da navegação

---

\* Este aspecto não foi analisado no *SolidWorks* já que não existe na interface o painel para aceder a funções de construção.

\*\* Este aspecto não foi analisado no *3D Studio MAX* pois só no *SolidWorks* as mensagens de erro são explícitas e devem ser interpretadas para corrigir a acção.

#### 5.4.2 Operacionalidade na construção de objectos:

---

##### Comportamentos analisados

---

Selecciona plano de construção\*  
Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos  
Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 2D\*  
Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 3D\*  
Identifica e aplica as operações adequadas  
Identifica e aplica as operações adequadas 2D\*  
Identifica e aplica as operações adequadas 3D\*  
Preenche parâmetros pedidos por formulários  
Coloca valores coerentes nos formulários  
Coloca valores/elementos coerentes nos formulários\*  
Mantém valores originais da modelação interactiva\*\*  
Reajusta parâmetros mais tarde\*\*

---

\* Aspectos analisados apenas no *SolidWorks*.

\*\* Aspectos analisados apenas no *3D Studio MAX*.

#### 5.4.3 Operacionalidade na modificação de objectos:

---

##### Comportamentos analisados

---

Utiliza painel para modificação de parâmetros  
Preenche parâmetros pedidos por formulários  
Coloca valores coerentes nos formulários  
Efectua cópia de objectos  
Revela preocupações com a colocação espacial dos objectos  
Utiliza coordenadas espaciais para corrigir posição\*\*

Posiciona incorrectamente os objectos  
Rectifica posição mais tarde  
Revela dificuldade em apagar objectos  
Dificuldade em perceber a lógica da modificação\*

---

\* Aspectos analisados apenas no *SolidWorks*.

\*\* Aspectos analisados apenas no *3D Studio MAX*.

#### 5.4.4 Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos:

---

##### Comportamentos analisados

---

Realiza interactivamente translações  
Tem dificuldade em escolher direcção adequada  
Realiza interactivamente rotações  
Tem dificuldade em escolher eixo adequado  
Realiza correctamente alterações de escala  
Tem dificuldade em ajustar escala

---

#### 5.4.5 Recurso a técnicas de visualização 3D:

---

##### Comportamentos analisados

---

Utiliza vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos  
Utiliza vistas múltiplas de forma coerente em modificação de objectos  
Selecciona vista (plano) de trabalho adequada  
Revela dificuldade na selecção de vistas  
Revela dificuldade na interpretação da posição dos objectos nas vistas  
Cria objectos na vista 3D  
Utiliza técnicas de visualização 3D de forma coerente  
Utiliza visualização 3D quando seria adequado (construção) \*\*  
Utiliza técnicas de visualização (*zoom* e *pan*)  
Utiliza botões do rato para operações de visualização  
Revela sensação de perdido no espaço

---

\*\* Aspecto analisado apenas no *3D Studio MAX*.

## 5.5 O método de análise

Para cada uma das grelhas de observação foram registadas todas as ocorrências e estabelecida uma tabela que permitisse uma efectiva interpretação dos dados através de uma escala com quatro estados (sempre, regularmente, raramente e nunca).

**Quadro 5-6 – Tabela de conversão do número de ocorrências numa escala de Lickert**

Nº de ocorrências		Valor atribuído	
0		1	Nunca
1	3	2	Raramente
4	7	3	Regularmente
8 ou mais		4	Sempre

Para exemplificar a aplicação apresentamos os dados relativos à análise dos registos automáticos de movimentos do grupo de *design* de produto com o *3D Studio MAX* para a operacionalidade na construção de objectos.

Número de ocorrências por aluno para cada comportamento a observar (por exemplo o aluno A2 efectuou 6 vezes a acção A, 8 vezes a acção B, 8 vezes a acção E e não efectuou as acções C, D e F).

**Quadro 5-7 – Tabela de registo de ocorrências ( as letras A, B, C,... traduzem comportamentos)**

	Alunos														
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
A	1	6	1				3	2					7		
B	5	8	7	6	6	4	3	4	5	5	4	4	5	6	5
C	2											1			1
D	4			2		1						1			1
E		8	4	6	6	3	3	3	5	5	4		5	5	4
F	3		6	6					4	4					

**Quadro 5-8 – Tabela resultante após aplicação do quadro 5-6**

		Alunos														
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
A	2	3	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1	
B	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
C	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	
D	3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	
E	1	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3	1	3	3	3	
F	2	1	3	3	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	

Para o exemplo anterior o aluno A2 efectuou regularmente (3) a acção A, sempre (4) a acção B, nunca (1) as acções C, D e F e sempre (4) a acção E).

Finalmente a tabela síntese de resultados que mostra o número de alunos para cada um dos estados para cada comportamento observado.

**Quadro 5-9 – Tabela síntese de resultados do grupo**

	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0	2	4	9
B	1	13	1	0
C	0	0	3	12
D	0	1	4	10
E	1	9	3	2
F	0	4	1	10

Para os 15 alunos da amostra o comportamento A foi observado regularmente em 2 alunos, raramente em 4 alunos e nunca em 9 alunos.

**Quadro 5-10 – Tabela síntese de resultados do grupo em valores percentuais**

	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	13,3%	26,7%	60,0%
B	6,7%	86,7%	6,7%	0,0%
C	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%
D	0,0%	6,7%	26,7%	66,7%
E	6,7%	60,0%	20,0%	13,3%
F	0,0%	26,7%	6,7%	66,7%

A partir destas tabelas efectuámos um estudo gráfico comparativo cuja interpretação permitiu uma série de conclusões de carácter qualitativo sobre o modo como os grupos se comportaram nos diversos aspectos.

Além desta análise interessava-nos estabelecer os já referidos pontos de autonomia e o conseqüente desenho das curvas de aprendizagem para cada uma destas vertentes de operacionalidade:

- Autonomia na construção de objectos;
- Autonomia na modificação de objectos;
- Autonomia na manipulação de objectos;
- Autonomia na visualização 3D.

A questão prendia-se com a determinação de um instante a partir do qual o aluno seria considerado autónomo executando a tarefa ou utilizando técnicas interactivas sem hesitações. Não nos pareceu possível quantificar exactamente o instante pelo que optámos por definir intervalos de cinco minutos, estabelecer competências chave em cada campo de observação, arbitrar um valor para o número de acções bem-sucedidas e registar esse intervalo. Se mais tarde, durante a observação, se verificassem retrocessos o intervalo seria reformulado.

Como exemplo de aplicação apresentamos os dados relativos à análise dos registos automáticos de movimentos do grupo de *design* de produto (15 alunos) com o *3D Studio MAX*.

**Quadro 5-11 – Tabela de registo de intervalos de autonomia**

	Alunos														
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Autonomia na construção	15	20	15	15	20	20	25	20	15	15	20	20	25	15	20
Autonomia na modificação	15	20	10	15	20	20	30	25	15	10	20	20	25	15	20
Autonomia na manipulação	10	10	10	10	10	20	30	10	10	10	10	15	20	10	20
Autonomia na visualização	5	20	10	25	25	20	30	20	20	15	25	20	25	15	20

Por exemplo o aluno A2 atingiu a autonomia na construção aos 20 minutos, na modificação aos 20 minutos, na manipulação aos 10 minutos e na visualização aos 5 minutos.

O passo seguinte consistiu em reduzir a tabela anterior determinando quantos alunos atingiram determinado tipo de autonomia em cada intervalo.

**Quadro 5-12 – Tabela síntese de intervalos de autonomia**

	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0	0	0	1
10	0	2	10	1
15	6	4	1	2
20	7	6	3	6
25	2	2	0	4
30	0	1	1	1

Por exemplo aos 15 minutos atingiram autonomia na construção 6 alunos, na modificação 4 alunos, na manipulação 1 alunos e na visualização 2 alunos.

Para determinar o número total de alunos que se situavam num patamar de autonomia havia que adicionar os que a tinham atingido antes. Então, efectuámos uma tabela com os valores acumulados.

**Quadro 5-13 – Tabela síntese de intervalos de autonomia com os valores acumulados**

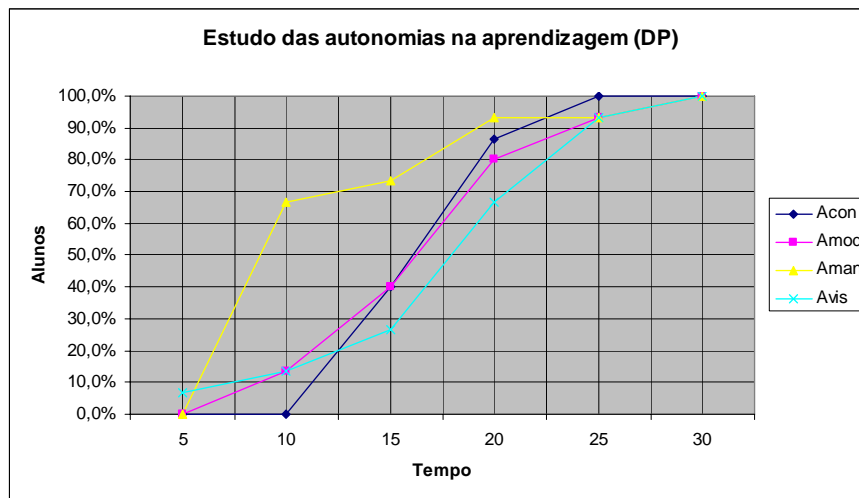
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0	0	0	1
10	0	2	10	2
15	6	6	11	4
20	13	12	14	10
25	15	14	14	14
30	15	15	15	15

Por exemplo aos 15 minutos globalmente atingiram autonomia na construção 6 alunos, na modificação 6 alunos, na manipulação 11 alunos e na visualização 4 alunos.

**Quadro 5-14 – Tabela síntese de intervalos de autonomia com os valores acumulados em valores percentuais**

	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%
10	0,0%	13,3%	66,7%	13,3%
15	40,0%	40,0%	73,3%	26,7%
20	86,7%	80,0%	93,3%	66,7%
25	100,0%	93,3%	93,3%	93,3%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Da tabela referente ao quadro 5-14 resultou o gráfico 5-1:



**Gráfico 5-1 – Estudo gráfico das autonomias na aprendizagem do grupo DP com o *3D Studio MAX***

Do gráfico podemos, por exemplo, inferir que aos 20 minutos mais de 80% dos alunos tinham atingido autonomia na modificação de objectos (Amod), na construção de objectos (Acon), na manipulação de objectos (Aman) e neste período 67% atingiram autonomia na visualização (Avis).

A análise dos dados obtidos permitiram de uma forma qualitativa inferir aspectos da evolução da aprendizagem e domínio da interface ao longo do tempo e a comparação gráfica efectuada entre os dois grupos de *design* e interfaces produziu conclusões que, quanto a nós, atestam a importância da comunicabilidade do modelo conceptual neste tipo de aplicações.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISE DE RESULTADOS



## 6. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 6.1 Considerações iniciais

Recordamos que estudo foi integralmente desenvolvido na Escola Superior de Artes e *Design* em Caldas da Rainha que disponibilizou as condições materiais e humanas exigidas ao projecto.

Os ensaios de interacção decorreram nos laboratórios de informática equipados com os recursos físicos necessários e foram seleccionadas duas aplicações de projecto 3D uma mais direccionada para o CAD 3D, o *SolidWorks*, e outra para uma modelação 3D mais flexível, o *3D Studio MAX*.

Seleccionámos como população as licenciaturas de *design* ligadas à concepção de produto (*Design Industrial e Design e Tecnologias para Cerâmica do 2º ano*) e *Design e Tecnologias Gráficas do 1º ano*.

Apesar de, numa primeira análise, a população constituída pelos alunos das licenciaturas referidas nos garantir em termos de passado educacional, motivação para o *design*, idade e nível cultural muito semelhantes, para nos certificarmos da homogeneidade da amostra a seleccionar efectuámos a oitenta e oito alunos (cerca de 95% da totalidade dos alunos inscritos nas licenciaturas referidas) um questionário sobre o percurso curricular e literacia informática.

A análise dos dados do questionário levou-nos a concluir que a população em estudo não apresentava assimetrias em domínios que eventualmente provocassem enviesamento dos dados a obter e admitimos que qualquer aluno estaria em condições de pertencer à amostra.

Em cada grupo de *design*, solicitámos a participação voluntária de 15 alunos que, após as explicações necessárias, se comprometeram a participar em duas sessões com a duração de aproximadamente duas horas e à participação nas entrevistas de grupo em duas sessões de aproximadamente uma hora.

A amostra participante constituiu-se então por 30 alunos provenientes das duas vertentes dos cursos de *design*: 15 de *Design* de Produto que denominámos grupo DP, para auxiliar a comunicação dos dados, e 15 de *Design* Gráfico que denominámos grupo DG.

No ensaio de interacção com o *3D Studio MAX* compareceram os 30 alunos, 15 em cada grupo e com o *SolidWorks* 25 alunos, 12 do grupo DP e 13 do grupo DG.

A desenho metodológico dos ensaios decorreu como e previsto no capítulo 5. Optámos pela gravação do registo automático dos movimentos efectuados pelos alunos que permitiram analisar posteriormente o comportamento interactivo sem necessitar de outros elementos estranhos presentes para recolher os dados que perturbariam as interacções.

A análise proporcionou uma diversidade de situações que possibilitou efectuar um conjunto de estudos analíticos e gráficos que consideramos caracterizadores do caso em estudo facultando interpretações qualitativas que conduziram a resultados que, quanto a nós, clarificam as questões colocadas à partida e abrem novas linhas de investigação.

## 6.2 Níveis de realização da tarefa

Como anteriormente referimos, cada aluno tentou realizar um modelo 3D composto por diversos elementos.



Figura 6-1 – Modelo a executar pelos alunos

Para simplificar a quantificação da percentagem de tarefa realizada subdividimos o modelo em dez elementos e atribuímos a cada componente realizado dez por cento de consecução da tarefa:

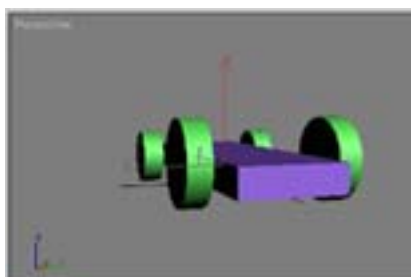
Quadro 6-1 – Subdivisão da tarefa por componentes

<b>Subdivisão por componentes a executar pelo aluno</b>	<b>%</b>
Base do modelo	10
Par de rodas da frente	10
Par de rodas de trás	10
Estabilizador da frente	10
Estabilizador de trás	10
Escapes da retaguarda	10
Motor	10
Escapes do motor	10
Cabine do condutor	10
Capacete	10
Total	100

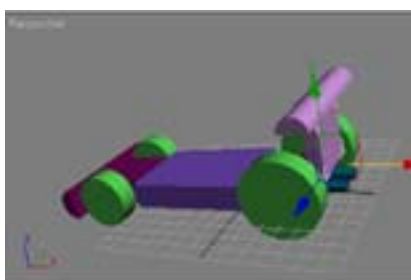
Como nos interessava sobretudo analisar as interações e a resposta a situações provocadas pela interface não considerámos relevantes para o ensaio a ordem de construção dos elementos e sua a semelhança com o modelo original.

Durante os 30 minutos foram registados, por observação directa do registo automático de movimentos, os resultados da evolução da tarefa em cada 5 minutos.

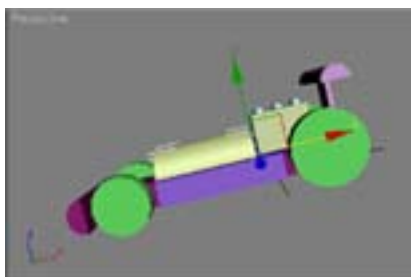
Ilustramos o procedimento com uma situação particular com o *3D Studio MAX*:



**Figura 6-2 – Ao fim de 5 minutos com 30% de tarefa concluída**



**Figura 6-3 – Ao fim de 20 minutos com 60% de tarefa concluída**



**Figura 6-4 – Ao fim de 30 minutos com 90% de tarefa concluída**

Para verificar o nível de realização foram elaboradas tabelas síntese por aplicação e por grupo que apresentam a percentagem de tarefa executada ao longo dos 30 minutos em períodos de 5 minutos.

Destas tabelas resultaram os diversos estudos gráficos, apresentados em anexo, que visam descrever a evolução da realização da tarefa por aplicação e em cada grupo.

**Quadro 6-2 – Estudos gráficos**

<b>Análises gráficas efectuadas</b>
Níveis de realização da tarefa (Grupo DG – <i>3D Studio MAX</i> )
Níveis de realização da tarefa (Grupo DP – <i>3D Studio MAX</i> )
Níveis de realização da tarefa (Grupo DG – <i>SolidWorks</i> )
Níveis de realização da tarefa (Grupo DP – <i>SolidWorks</i> )
Nível de realização comparado (Grupos DP e DG)
Nível de realização comparado (DG - <i>3D Studio MAX</i> e <i>SolidWorks</i> )
Nível de realização comparado (DP - <i>3D Studio MAX</i> e <i>SolidWorks</i> )
Atitudes durante a execução da tarefa (DP e DG - <i>3D Studio MAX</i> )
Atitudes durante a execução da tarefa (DP e DG - <i>SolidWorks</i> )
Operacionalidade na construção (DP e DG - <i>3D Studio MAX</i> )
Operacionalidade na construção (DP e DG - <i>SolidWorks</i> )
Operacionalidade na modificação (DP e DG - <i>3D Studio MAX</i> )
Operacionalidade na modificação (DP e DG - <i>SolidWorks</i> )
Operacionalidade na manipulação dinâmica (DP e DG - <i>3D Studio MAX</i> )
Operacionalidade na manipulação dinâmica (DP e DG - <i>SolidWorks</i> )

**6.2.1 Aplicação - *3D Studio MAX***

Incluímos nesta análise apenas os gráficos<sup>110</sup> mais representativos da evolução temporal dos níveis de realização que permitem visualizar a evolução de cada grupo com uma interface particular do *3D Studio MAX*.

**Quadro 6-3 – Tabela Síntese referente à aplicação *3D Studio MAX* e ao grupo DG**

t/%	GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>5</b>	40,0%	26,7%	26,7%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>10</b>	0,0%	20,0%	46,7%	0,0%	20,0%	13,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>15</b>	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	13,3%	20,0%	20,0%	6,7%	0,0%	0,0%
<b>20</b>	0,0%	0,0%	13,3%	6,7%	13,3%	26,7%	13,3%	13,3%	6,7%	6,7%
<b>25</b>	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	26,7%	26,7%	20,0%	0,0%	20,0%
<b>30</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	13,3%	33,3%	26,7%	20,0%

Para facilitar a leitura da tabela apresentam-se três gráficos que ilustram, de certa forma, o percurso efectuado por este grupo.

<sup>110</sup> Consultar, no anexo D o estudo gráfico completo

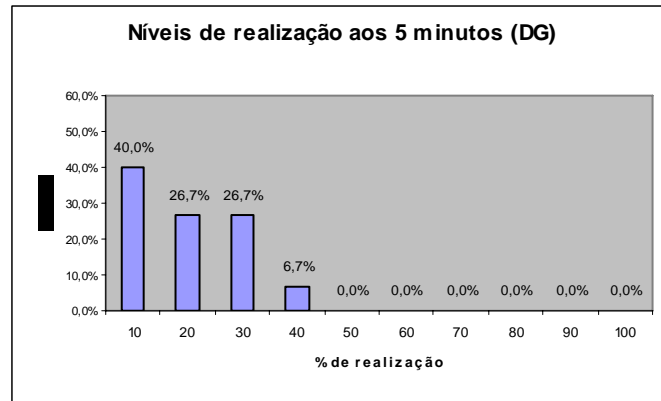


Gráfico 6-1 – Níveis de realização aos 5 minutos – DG - 3D Studio MAX

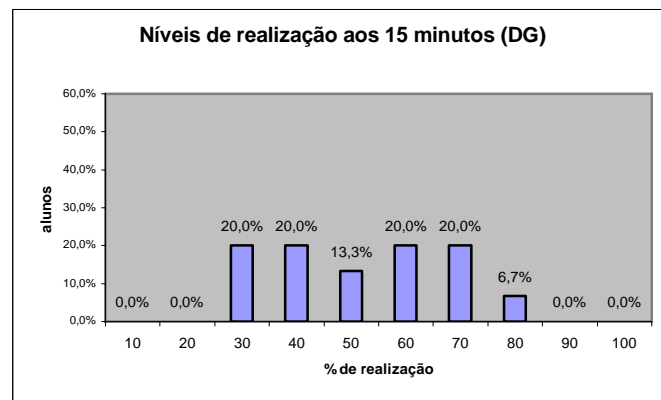


Gráfico 6-2 – Níveis de realização aos 15 minutos – DG - 3D Studio MAX

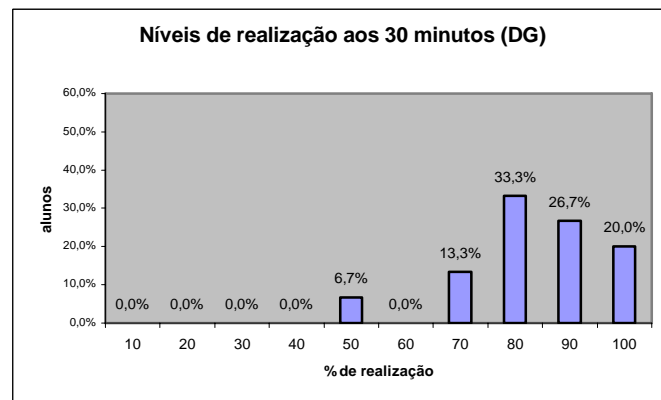


Gráfico 6-3 – Níveis de realização aos 30 minutos – DG - 3D Studio MAX

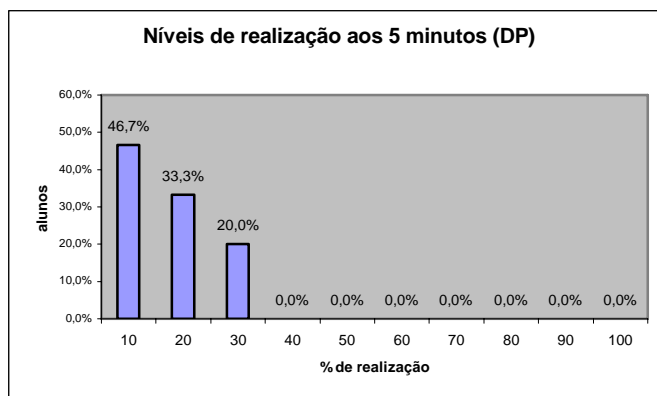
Aos cinco minutos todos os alunos tinham concluído pelo menos 10% da tarefa registando-se níveis de 20% e 30% em cerca de metade do grupo. Deduzimos que a adaptação aos códigos visuais da interface não foi uniforme nos instantes iniciais.

Aos quinze minutos mais de metade atingia ou ultrapassava os 50% da tarefa tendo alguns efectuado 80%.

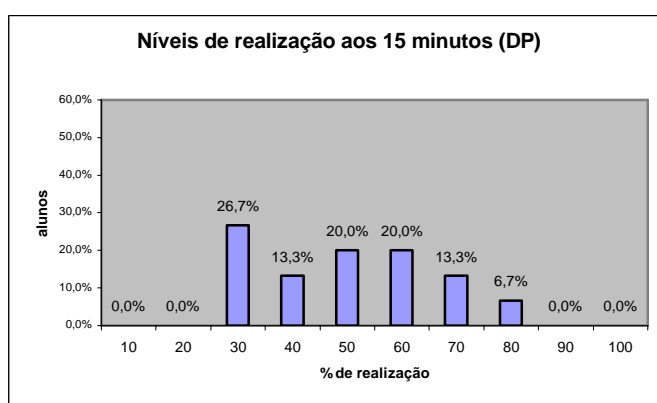
Aos trinta minutos apenas uma parte dos alunos (20%) concluiu o objecto mas se considerarmos que a maioria (80%) conseguiu efectuar 80% da tarefa podemos inferir o grupo não revelou dificuldades com a interface exceptuando um conjunto de alunos que não realizou 50% da tarefa.

**Quadro 6-4 – Tabela Síntese referente à aplicação 3D Studio MAX e ao grupo DP**

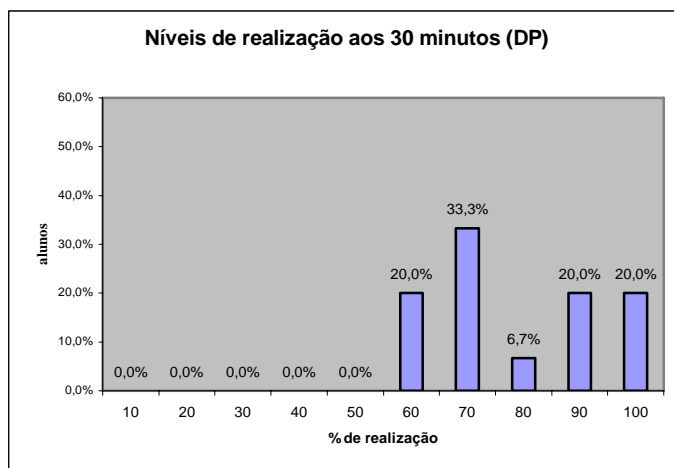
t/%	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	46,7%	33,3%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	6,7%	26,7%	20,0%	26,7%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%	0,0%	26,7%	13,3%	20,0%	20,0%	13,3%	6,7%	0,0%	0,0%
20	0,0%	0,0%	6,7%	20,0%	20,0%	6,7%	13,3%	20,0%	13,3%	0,0%
25	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	13,3%	20,0%	20,0%	0,0%	20,0%	20,0%
30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	33,3%	6,7%	20,0%	20,0%



**Gráfico 6-4 – Níveis de realização aos 5 minutos – DP - 3D Studio MAX**



**Gráfico 6-5 – Níveis de realização aos 15 minutos – DP - 3D Studio MAX**



**Gráfico 6-6 – Níveis de realização aos 30 minutos – DP - 3D Studio MAX**

A situação com este grupo difere um pouco do anterior. Menos alunos atingiram 80% da tarefa ao fim dos 30 minutos.

Aos cinco minutos todos os alunos tinham concluído pelo menos 10% da tarefa registando-se níveis de 20% e 30% em mais de metade do grupo. Aqui também a adaptação aos códigos visuais da interface não foi uniforme nos instantes iniciais.

Aos quinze minutos mais de metade atingia ou ultrapassava os 50% da tarefa tendo alguns efectuado 80%.

Aos trinta minutos apenas uma parte dos alunos (20%) concluiu o objecto mas se considerarmos que a totalidade conseguiu efectuar mais de 60% da tarefa podemos inferir o grupo não revelou dificuldades com a interface.

No seu conjunto este grupo não se adaptou tão bem como o anterior a esta aplicação sendo a progressão foi mais lenta originando menos alunos com um índice de realização igual ou acima dos 80%. Concretamente 46,7% contra os 80% do grupo anterior.

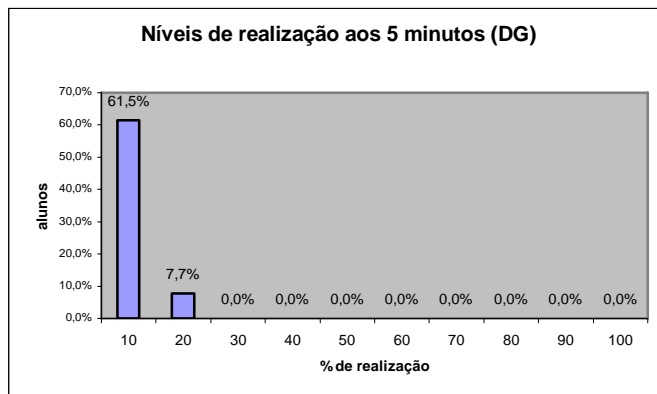
### **6.2.2 Aplicação – SolidWorks**

Incluímos nesta análise apenas os gráficos<sup>111</sup> mais representativos da evolução temporal dos níveis de realização que permitem visualizar a evolução de cada grupo com a interface particular do *SolidWorks*.

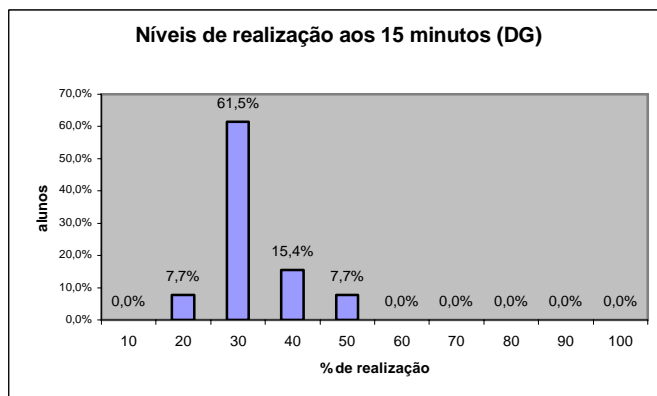
<sup>111</sup> Consultar, em anexo, estudo gráfico completo

**Quadro 6-5 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* e ao grupo DG**

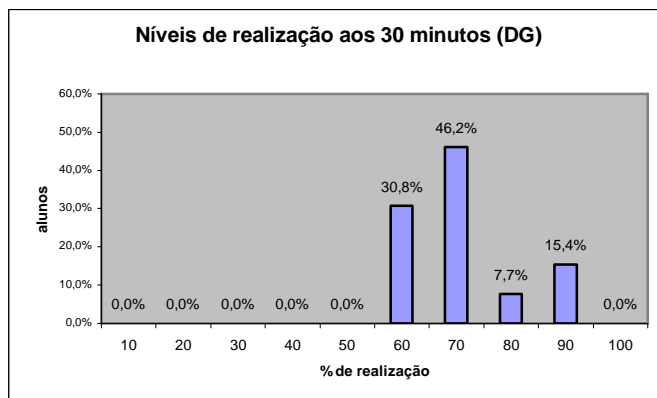
t/%	GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	61,5%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	23,1%	38,5%	30,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%	7,7%	61,5%	15,4%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	0,0%	7,7%	30,8%	7,7%	46,2%	0,0%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%
25	0,0%	0,0%	7,7%	7,7%	38,5%	30,8%	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%
30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	30,8%	46,2%	7,7%	15,4%	0,0%



**Gráfico 6-7 – Níveis de realização aos 5 minutos – DG - *SolidWorks***



**Gráfico 6-8 – Níveis de realização aos 15 minutos – DG - *SolidWorks***



**Gráfico 6-9 – Níveis de realização aos 30 minutos – DG - *SolidWorks***

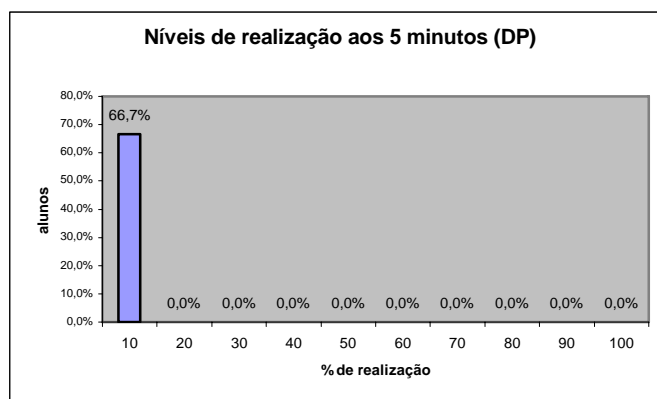
Esta aplicação apresenta diferenças significativas na interface e na filosofia de construção exigindo mais conhecimentos geométricos e capacidades de abstracção espacial.

Neste grupo ninguém concluiu a tarefa e menos de 25% chegaram aos 90%. De qualquer modo todos realizaram mais de 60% dos componentes e podemos considerar que a adaptação à interface, apesar de mais complicada, permitiu índices de concretização razoáveis.

Outro tipo de análise, efectuado adiante, permitirá perceber melhor estes resultados.

**Quadro 6-6 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* e ao grupo DP**

t/%	GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	66,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	25,0%	58,3%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	8,3%	50,0%	33,3%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	8,3%	8,3%	16,7%	50,0%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
25	0,0%	8,3%	8,3%	8,3%	16,7%	41,7%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%
30	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	8,3%	8,3%	33,3%	16,7%



**Gráfico 6-10 – Níveis de realização aos 5 minutos – DP - *SolidWorks***

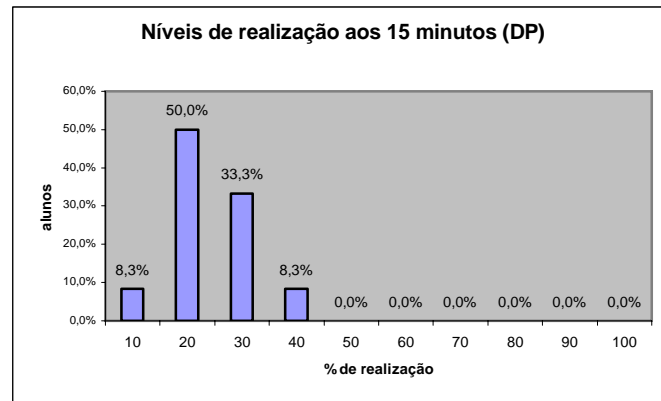


Gráfico 6-11 – Níveis de realização aos 15 minutos – DP - *SolidWorks*

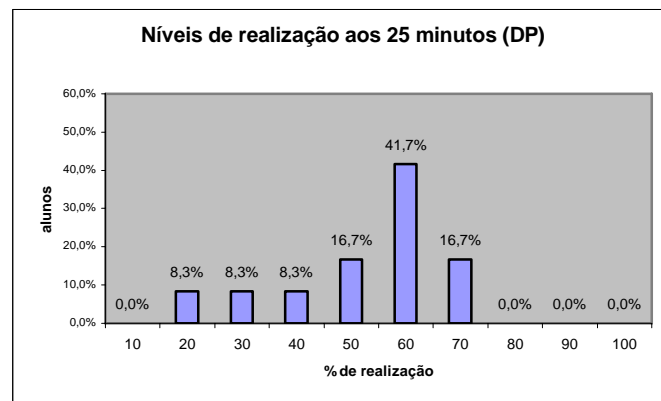


Gráfico 6-12 – Níveis de realização aos 25 minutos – DP - *SolidWorks*

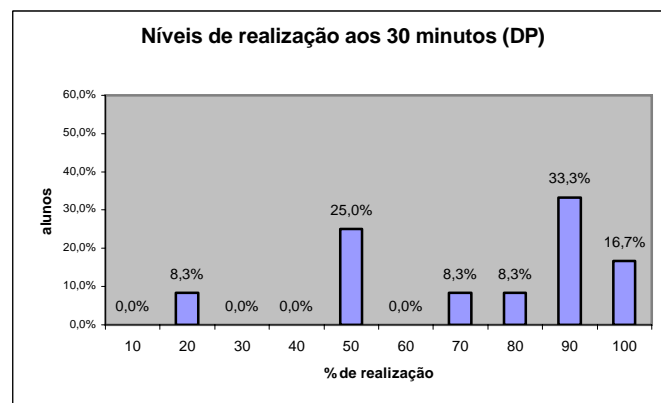


Gráfico 6-13 – Níveis de realização aos 30 minutos – DP - *SolidWorks*

Com este grupo verificaram-se situações diferenciadas.

Uma adaptação inicial à interface muito lenta. Aos cinco minutos 30% dos alunos não tinham concluído um único elemento e aos quinze minutos ninguém cumpriu 50% da tarefa.

Aos vinte cinco minutos a progressão continuava lenta com 60% dos alunos a realizar mais de 60% da tarefa e mais de 25% com índices inferiores a 50%.

No período final (cinco minutos) mais de metade dos alunos concluíram ou atingiram os 90% de tarefa e 25% conseguiram os 50%.

No grupo anterior e com a aplicação *3D Studio MAX* não se verificaram tantas assimetrias na progressão. Justificamos o facto com uma metodologia de construção de objectos mais complexa que exige a criação, num plano previamente escolhido, uma forma 2D para posterior transformação em 3D com parte dos alunos a demorar na sua compreensão. No *3D Studio MAX* os objectos estão disponíveis nas barras de ferramentas e são executados apenas com técnicas básicas de manipulação directa.

Uma transferência negativa provocada pelas diferenças da interface da aplicação anterior pode ter provocado as dificuldades iniciais.

### 6.2.3 Estudo comparado - grupos DP e DG

Nesta análise apresentamos apenas os gráficos finais<sup>112</sup> (30 minutos) da que permitem visualizar e comparar o nível de realização dos grupos com cada uma das aplicações.

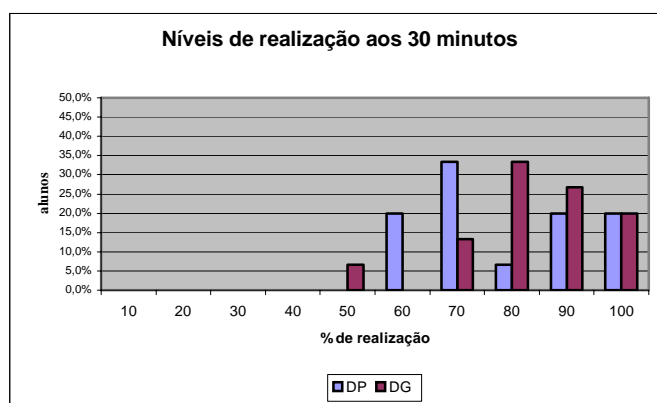


Gráfico 6-14 – Níveis de realização comparado (DP - DG) – *3D Studio MAX*

Se apenas tivermos em conta os índices de produtividade o gráfico permite confirmar uma maior adaptação do grupo DG à interface do *3D Studio MAX*. Mais alunos cumpriram 80% ou mais da tarefa e poucos alunos cumpriram menos de 70%.

<sup>112</sup> Consultar, em anexo, estudo gráfico completo

No grupo DP há uma maior dispersão de resultados e cerca de 50% cumpriram 70% ou menos da tarefa.

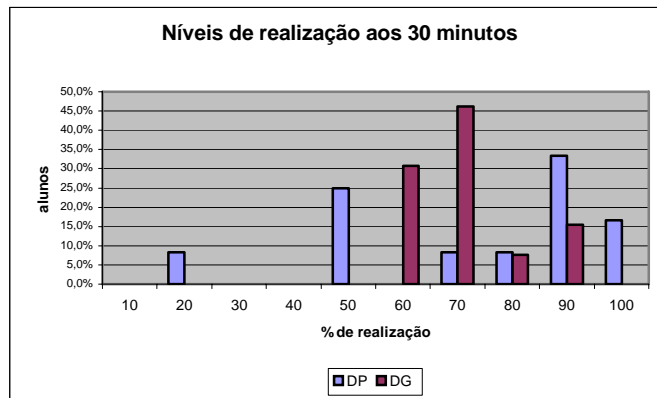


Gráfico 6-15 – Níveis de realização comparado (DP - DG) – *SolidWorks*

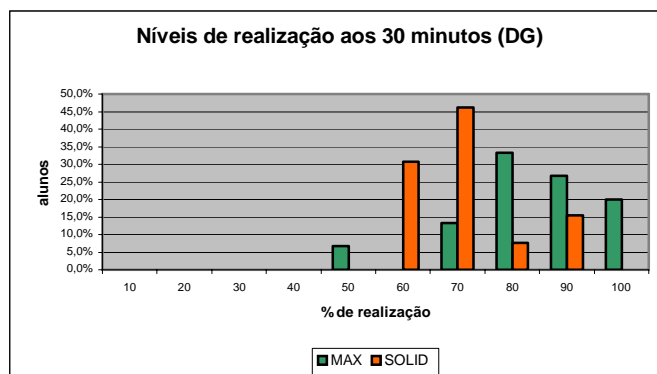
Neste caso o gráfico permite, eventualmente, confirmar uma melhor adaptação do grupo DP à interface do *SolidWorks*. Mais alunos cumpriram 80% ou mais da tarefa e poucos alunos cumpriram menos de 70%.

No grupo DP, como no caso anterior, continua a haver uma maior dispersão de resultados com vários alunos a cumprir apenas 20% do projecto.

Consideramos que o grupo DG, no geral, se adaptou à interface mas manifestou dificuldades em questões de cariz geométrico que ultrapassam a presente análise.

#### 6.2.4 Estudo comparado - *3D Studio MAX e SolidWorks*

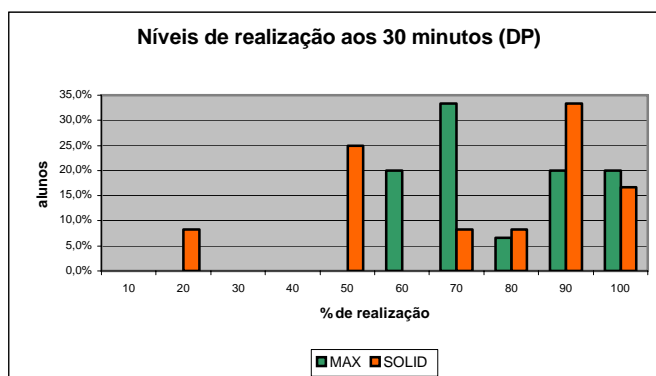
Nesta análise apresentamos apenas os gráficos finais<sup>113</sup> (30 minutos) da que permitem visualizar e comparar o nível de realização de cada grupo com cada uma das aplicações.



<sup>113</sup> Consultar, em anexo, estudo gráfico completo

**Gráfico 6-16 – Níveis de realização comparado (3D Studio MAX – SolidWorks) - DG**

Esta análise gráfica confirma a maior adaptação do grupo DG à interface do *3D Studio MAX*.



**Gráfico 6-17 – Níveis de realização comparado (3D Studio MAX – SolidWorks) - DP**

Esta análise gráfica confirma a maior adaptação do grupo DP à interface do *SolidWorks* mesmo considerando que mais de 25% dos alunos só concluiu 50% do projecto.

**6.3 Atitudes durante a execução da tarefa**

Durante a observação do registo automático de movimentos, apesar de não pretendermos efectuar um teste de usabilidade, entendemos ter atenção a algumas atitudes típicas na avaliação de interfaces manifestadas pelos alunos durante a execução da tarefa. Esta análise permitiria, eventualmente, complementar o estudo das autonomias na aprendizagem, foco da investigação, e detectar possíveis ineficiências na interface que perturbassem a progressão normal na tarefa

No quadro 6-7 e 6-8 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação em cada uma das aplicações. As diferenças justificam-se, mais uma vez, pela diferente lógica na operação com o *SolidWorks* comentada em no ponto 6.2.2. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-7 – Comportamentos observados no 3D Studio MAX**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza painel para aceder a funções
B	Utiliza menus para aceder a funções
C	Tem dificuldade em seleccionar opção correcta (menu)
D	Utiliza ícones para aceder a funções
E	Tem dificuldade em identificar opção correcta (ícone)
F	Navega na interface nas zonas adequadas à operação
G	Experimenta novas soluções
H	Aplica as novas soluções no projecto
I	Navega na interface em zonas absurdas
J	Evidencia sinais de confusão
L	Demora a encontrar operação
M	Repete os erros de navegação
N	Desiste da navegação

**Quadro 6-8 – Comportamentos observados no SolidWorks**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza menus para aceder a funções
B	Tem dificuldade em seleccionar opção correcta (menu)
C	Utiliza ícones para aceder a funções
D	Tem dificuldade em identificar opção correcta (ícone)
E	Navega na interface nas zonas adequadas à operação
F	Experimenta novas soluções
G	Aplica as novas soluções no projecto
H	Navega na interface em zonas absurdas
I	Evidencia sinais de confusão
J	Demora a encontrar operação
L	Interpreta mensagens de erro e avisos
M	Repete os erros de navegação
N	Desiste da navegação

### 6.3.1 Estudo comparado - 3D Studio MAX e SolidWorks

**Quadro 6-9 – Tabela síntese referente à aplicação 3D Studio MAX ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	86,7%	13,3%	0,0%	0,0%
B	13,3%	13,3%	46,7%	26,7%
C	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
D	6,7%	66,7%	13,3%	13,3%
E	0,0%	0,0%	13,3%	86,7%
F	0,0%	53,3%	40,0%	6,7%

G	6,7%	33,3%	40,0%	20,0%
H	0,0%	6,7%	53,3%	40,0%
I	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%
J	0,0%	0,0%	53,3%	46,7%
L	0,0%	0,0%	60,0%	40,0%
M	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%
N	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%

**Quadro 6-10 – Tabela síntese referente à aplicação *3D Studio MAX* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%
B	0,0%	6,7%	26,7%	66,7%
C	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
D	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%
E	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
F	0,0%	20,0%	40,0%	40,0%
G	0,0%	33,3%	46,7%	20,0%
H	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
I	0,0%	0,0%	26,7%	73,3%
J	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
L	0,0%	0,0%	40,0%	60,0%
M	0,0%	6,7%	20,0%	73,3%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

**Quadro 6-11 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	8,3%	41,7%	50,0%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	8,3%	91,7%	0,0%	0,0%
D	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
E	0,0%	58,3%	33,3%	8,3%
F	0,0%	25,0%	50,0%	25,0%
G	0,0%	16,7%	50,0%	33,3%
H	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
I	0,0%	33,3%	50,0%	16,7%
J	0,0%	8,3%	58,3%	33,3%
L	0,0%	0,0%	66,7%	33,3%
M	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

**Quadro 6-12 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	76,9%	23,1%	0,0%	0,0%
D	0,0%	0,0%	23,1%	76,9%
E	15,4%	84,6%	0,0%	0,0%
F	0,0%	7,7%	61,5%	30,8%
G	0,0%	0,0%	46,2%	53,8%
H	0,0%	7,7%	15,4%	76,9%
I	0,0%	61,5%	23,1%	15,4%
J	0,0%	0,0%	76,9%	23,1%
L	0,0%	0,0%	61,5%	38,5%
M	0,0%	0,0%	69,2%	30,8%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Os quadros 6-9, 6-10, 6-11 e 6-12 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para cada uma das aplicações.

No caso do 3D Studio Max os alunos acederam às funções de construção e modificação sempre ou regularmente através do respectivo painel alternando com os ícones das barras de ferramentas. Para esta aplicação muito poucos utilizavam os menus e quando o fizeram nunca tiveram dificuldade em seleccionar a opção correcta. Alguns ícones suscitaram interpretações incorrectas e alguns alunos (13,3% em DP e 6,7% em DG) tiveram dificuldade em escolher a melhor opção.

No grupo DP verificou-se regularmente (53,3%) a navegação na interface em zonas adequadas à operação contra 20% no grupo DG que raramente (40%) ou nunca (40%) efectuaram esta acção.

Em cada grupo 33,3% dos alunos experimentou regularmente novas soluções mas apenas 6,7% as aplicaram ao projecto. Mais de 60% dos alunos raramente ou nunca experimentaram novas soluções.

Cerca de 70% dos alunos, nos dois grupos, nunca navegou na interface em zonas absurdas e perto de 30% raramente o fez.

Apenas 6,7% dos alunos do grupo DG evidenciou regularmente sinais de confusão durante a tarefa. Nos dois grupos raramente (53,3% em DP e 40% em DG) ou nunca (46,7% em DP e 53,3% em DG) foram detectados sinais de confusão com qualquer elemento da interface.

Os alunos raramente (60,0% em DP e 40,0% em DG) ou nunca (40,0% em DP e 60,0% em DG) demoraram a encontrar a operação e apenas 6,7% do grupo DG repetiu erros de navegação.

Só muito raramente (20% em DP) se considerou uma situação pontual desistência da navegação que não implicou a continuação do projecto.

No SolidWorks não existe painel com funções pelo que os alunos optaram regularmente ou sempre por usar os ícones e muito pouco os menus. Não se registaram dificuldades na identificação das opções correctas. Apenas em 8,3% do grupo DP se detectou alguma confusão.

Nesta aplicação os alunos navegaram regularmente (58,3,0% em DP e 84,8% em DG) na interface mas só 25% no grupo DP experimentou novas soluções regularmente e 16,7% aplicou-as no projecto.

Nunca ou raramente (33,3% em DP e 15,4% em DG) foram notadas situações de navegação em zonas absurdas apesar de (8,3% em DP e 7,7% em DG) alguns alunos se terem desviado do percurso de construção.

No SolidWorks, nos instantes iniciais alguns alunos evidenciaram (33,3% em DP e 61,5% em DG) sinais de confusão provocada essencialmente pela diferente metodologia de trabalho nesta aplicação.

Raramente (58,3% em DP e 76,9% em DG) ou nunca (33,3% em DP e 23,1% em DG) os alunos demoraram a encontrar a operação.

Muito raramente (66,7% em DP e 61,5% em DG) os alunos tentaram interpretar mensagens de erro ou avisos. Optando por voltar atrás e continuar por outra via.

Não foram detectados casos de desistência na navegação apesar de 33,3% dos alunos de DP repetirem erros de percurso. Só raramente (33,3% em DP e 68,2% em DG) os alunos repetiram os erros de navegação.

Desta análise podemos concluir que a adaptação às interfaces não apresentou grandes dificuldades aos grupos apesar dos distintos modelos conceptuais que as

caracterizam. A semelhança de processos com outras aplicações gráficas ou não, conhecidas da maioria dos alunos, a naturalidade com que o rato e os botões são manipulados conduziu regularmente à descoberta da solução e realização das tarefas com sucesso.

## 6.4 Operacionalidade na construção de objectos

### 6.4.1 Aplicação - *3DStudio MAX*

No quadro 6-13 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade na construção de objectos com o *3D Studio MAX*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

Quadro 6-13 – Comportamentos observados - Operacionalidade na construção de objectos

Comportamentos observados	
A	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos
B	Identifica e aplica a operações adequadas
C	Preenche parâmetros pedidos por formulários
D	Coloca valores coerentes nos formulários
E	Mantém valores originais da modelação interactiva
F	Reajusta parâmetros mais tarde

Quadro 6-14 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DP

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	13,3%	26,7%	60,0%
B	6,7%	86,7%	6,7%	0,0%
C	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%
D	0,0%	6,7%	26,7%	66,7%
E	6,7%	60,0%	20,0%	13,3%
F	0,0%	26,7%	6,7%	66,7%

Quadro 6-15 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DG

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
B	20,0%	80,0%	0,0%	0,0%
C	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
D	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
E	6,7%	73,3%	13,3%	6,7%
F	0,0%	33,3%	26,7%	40,0%

Os quadros 6-14 e 6-15 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *3D Studio MAX*.

Na caracterização semiótica<sup>114</sup> desta interface identificámos aspectos que a tornam simples de operar (numa fase inicial de aprendizagem). Iconografia consistente ao nível da concreção, distância semântica e familiaridade reforçada com o texto associado. O facto de serem disponibilizadas primitivas geométricas (caixas, esferas, cilindros, etc.) num painel com criação interactiva usando apenas o rato facilita este nível da construção de objectos.

Ao nível da lógica da construção de objectos os alunos nunca (60,0% em DP e 80,0% em DG) ou raramente (26,7% em DP e 13,3% em DG) tiveram dificuldade em perceber o seu funcionamento. Só um pequeno grupo (13,3% em DP e 6,7% em DG) apresentou dificuldades esporádicas.

Os alunos identificaram e aplicaram regularmente (86,7% em DP e 80,0% em DG) as operações de construção adequadas. Os formulários raramente ou nunca foram preenchidos com as dimensões dos objectos optando os alunos por conservar os valores originais da modelação interactiva. Posteriormente, alguns alunos, (26,7% em DP e 33,3% em DG) ajustaram os parâmetros regularmente e os restantes nunca ou raramente o fizeram.

#### 6.4.2 Aplicação - *SolidWorks*

No quadro 6-16 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade na construção de objectos com o *SolidWorks*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-16 – Comportamentos observados - Operacionalidade na construção de objectos**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Selecciona plano de construção
B	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 2D
C	Identifica e aplica a operações adequadas 2D
D	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 3D
E	Identifica e aplica a operações adequadas 3D
F	Coloca valores/elementos coerentes nos formulários

<sup>114</sup> Em anexo

**Quadro 6-17 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	75,0%	25,0%	0,0%
B	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
C	16,7%	66,7%	16,7%	0,0%
D	0,0%	33,3%	41,7%	25,0%
E	25,0%	58,3%	8,3%	8,3%
F	8,3%	75,0%	8,3%	8,3%

**Quadro 6-18 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	23,1%	76,9%	0,0%	0,0%
B	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
C	15,4%	84,6%	0,0%	0,0%
D	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
E	46,2%	46,2%	7,7%	0,0%
F	46,2%	46,2%	7,7%	0,0%

Os quadros 6-17 e 6-18 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *SolidWorks*.

As características semióticas<sup>115</sup> desta interface são muito semelhantes à aplicação anterior. Também a iconografia se revela consistente ao nível da concreção, distância semântica e familiaridade reforçada com o texto associado. Ao nível da construção de objectos é obrigatória a selecção de um plano o que implica mais conhecimentos geométricos e capacidades de abstracção acrescidas.

Contrariamente ao que sucede com o 3D Studio MAX, no *SolidWorks* não existem primitivas definidas obrigando à construção geométrica bidimensional de uma forma base para obtenção do elemento 3D por revolução ou extrusão.

Apenas 25% dos alunos de DP tiveram (raramente) dificuldades na selecção do plano de construção no início da tarefa. Alguns alunos (8,3% em DP e 7,7% em DG) não perceberam de início a lógica na construção dos objectos 2D. A maioria raramente (33,3% em DP e 38,5% em DG) ou nunca (58,3% em DP e 53,8% em DG)

<sup>115</sup> Em anexo

revelou dificuldades neste tipo de construção. A identificação das técnicas 2D com a consequente aplicação adequada foi regularmente (66,7% em DP e 84,6% em DG) observada.

Na construção 3D alguns alunos (33,3% em DP e 7,7% em DG) manifestaram regularmente dificuldades em perceber a lógica de funcionamento e a maioria identificava e aplicava sempre (25,0% em DP e 46,2% em DG) ou regularmente (56,3% em DP e 46,2% em DG) as funções adequadas.

Os formulários foram regularmente (75,0% em DP e 46,2% em DG) ou sempre (8,3% em DP e 46,2% em DG) preenchidos com parâmetros coerentes com poucos alunos a recorrer às possibilidades interactivas.

Desta análise podemos concluir que a adaptação às interfaces também não apresentou dificuldades aos grupos apesar dos distintos modelos conceptuais que as caracterizam. A semelhança de processos com outras aplicações, a transferência positiva do *3D Studio MAX*, a naturalidade com que o rato e os botões são manipulados conduziu, como antes, à descoberta da solução e realização das tarefas com sucesso.

A hesitação inicial registada com o *SolidWorks* foi provocada pela forma totalmente diferente de construção de objectos. Com o decorrer da tarefa os alunos superaram essa dificuldade.

## **6.5 Operacionalidade na modificação de objectos**

Nesta categoria entende-se por modificação de objectos eventuais alterações de forma intencionais tendo em conta aspectos de dimensionamento, alteração de parâmetros e colocação espacial dos objectos.

### **6.5.1 Aplicação - *3D Studio MAX***

No quadro 6-19 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade na modificação de objectos com o *3D Studio MAX*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-19 – Comportamentos observados - Operacionalidade na modificação de objectos**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza painel para modificação de parâmetros
B	Preenche parâmetros pedidos por formulários
C	Coloca valores coerentes nos formulários
D	Efectua cópia de objectos
E	Revela preocupações com a colocação espacial dos objectos
F	Utiliza coordenadas espaciais para corrigir posição
G	Posiciona incorrectamente os objectos
H	Rectifica posição mais tarde
I	Revela dificuldade em apagar objectos

**Quadro 6-20 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	13,3%	26,7%	26,7%	33,3%
B	13,3%	26,7%	26,7%	33,3%
C	6,7%	33,3%	26,7%	33,3%
D	6,7%	60,0%	26,7%	6,7%
E	33,3%	53,3%	6,7%	6,7%
F	6,7%	0,0%	6,7%	86,7%
G	0,0%	40,0%	40,0%	20,0%
H	0,0%	33,3%	46,7%	20,0%
I	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

**Quadro 6-21 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	46,7%	33,3%	13,3%	6,7%
B	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
C	46,7%	40,0%	6,7%	6,7%
D	0,0%	66,7%	20,0%	13,3%
E	13,3%	66,7%	13,3%	6,7%
F	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
G	0,0%	13,3%	0,0%	86,7%
H	0,0%	13,3%	0,0%	86,7%
I	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Os quadros 6-20 e 6-21 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *3D Studio MAX*.

A utilização do painel de modificação não foi entendida da mesma forma pelos alunos. Os alunos do grupo DG foram mais objectivos neste aspecto com 46,7% a utilizar sempre, 33,3% regularmente e apenas 6,7% nunca aplicou este recurso para modificar os objectos. O formulário foi sempre ou regularmente preenchido com valores coerentes (com entrada directa ou interactivamente com apontadores).

Dos alunos do grupo DP 13,3% utilizaram sempre o painel, 26,7% regularmente e 33,3% nunca. Nem sempre os valores inseridos foram coerentes registando-se 33,3% de alunos que nunca introduziram valores coerentes e 26,7% raramente.

A maioria dos alunos (60,0% em DP e 66,7% em DG) efectuou regularmente cópias para reproduzir objectos idênticos de forma interactiva.

Muitos alunos revelaram sempre (33,3% em DP e 13,3% em DG) ou regularmente (53,3% em DP e 66,7% em DG) preocupações com a colocação espacial dos objectos sem nunca (6,7% em DP foram a excepção) utilizarem coordenadas espaciais para corrigir as posições optando por fazê-lo interactivamente.

Apesar das preocupações no posicionamento, alguns alunos (40% em DP e 13,3% em DG) colocaram incorrectamente os objectos e raramente corrigiram a sua posição no espaço.

Não se registaram dificuldades a eliminar os objectos.

### 6.5.2 Aplicação – *SolidWorks*

No quadro 6-22 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade na modificação de objectos com o *SolidWorks*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-22 – Comportamentos observados - Operacionalidade na modificação de objectos**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza painel para modificação de parâmetros
B	Preenche parâmetros pedidos por formulários
C	Coloca valores coerentes nos formulários
D	Efectua cópia de objectos
E	Revela preocupações com a colocação espacial dos objectos
F	Posiciona incorrectamente os objectos

- G Rectifica posição mais tarde
- H Revela dificuldade em apagar objectos
- I Dificuldade em perceber a lógica de modificação

**Quadro 6-23 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	25,0%	33,3%	41,7%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	0,0%	25,0%	33,3%	41,7%
D	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
E	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
I	0,0%	16,7%	16,7%	66,7%

**Quadro 6-24 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	30,8%	53,8%	15,4%
B	0,0%	7,7%	7,7%	84,6%
C	0,0%	23,1%	53,8%	23,1%
D	0,0%	0,0%	53,8%	46,2%
E	0,0%	15,4%	15,4%	69,2%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
I	0,0%	0,0%	53,8%	46,2%

Os quadros 6-23 e 6-24 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *SolidWorks*.

Não é muito diferente o método de modificação e, como anteriormente, a utilização do painel de modificação não foi entendida da mesma forma pelos alunos. Muitos alunos (41,7% em DP e 15,4% em DG) nunca utilizaram o painel e (33,3% em DP e 53,8% em DG) raramente. O formulário na maior parte das vezes não foi preenchido e quando o era os alunos raramente (33,3% em DP e 53,8% em DG) colocavam valores coerentes.

O procedimento de cópia interactiva no *SolidWorks* implica técnicas diferentes da aplicação anterior o que explica o facto de (58,3% em DP e 46,2% em DG) nunca a efectuarem e (33,3% em DP e 53,8% em DG) raramente.

Muitos alunos nunca revelaram preocupações com a colocação espacial dos objectos (66,7% em DP e 69,2% em DG) nesta aplicação. Este facto pode ter a ver com a selecção inicial de um plano e a execução de uma forma 2D que determina a posição do elemento no espaço e, conseqüentemente, nunca tiveram necessidade de rectificar a posição.

Os alunos raramente (16,7% em DP e 53,8% em DG) ou nunca (66,7% em DP e 46,2% em DG) tiveram dificuldade em perceber a lógica de modificação de objectos.

Não se registaram dificuldades a eliminar os objectos.

No geral, considerando a maior complexidade na modificação com esta interface, os alunos resolveram bem todas as situações.

## 6.6 Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos

### 6.6.1 Aplicação - 3D Studio MAX

No quadro 6-25 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade manipulação dinâmica de objectos com o *3D Studio MAX*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

Quadro 6-25 – Comportamentos observados - Operacionalidade na manipulação de objectos

Comportamentos observados	
A	Realiza interactivamente translações
B	Tem dificuldade em escolher direcção correcta
C	Realiza interactivamente rotações
D	Tem dificuldade em escolher eixo adequado
E	Realiza correctamente alterações de escala
F	Tem dificuldade em ajustar escala

Quadro 6-26 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DP

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
B	6,7%	6,7%	0,0%	86,7%
C	6,7%	46,7%	13,3%	33,3%

D	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
E	13,3%	20,0%	0,0%	66,7%
F	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%

**Quadro 6-27 – Tabela Síntese referente à aplicação *3DStudio MAX* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
B	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
C	0,0%	40,0%	40,0%	20,0%
D	0,0%	6,7%	33,3%	60,0%
E	6,7%	0,0%	13,3%	80,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Os quadros 6-26 e 6-27 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *3D Studio MAX*.

O *3D Studio MAX* tem uma interface baseada em manipulação directa com recursos visuais e técnicas operacionais eficazes. O facto de nenhum aluno apresentar dificuldades de realizar interactivamente translações e a maioria (86,7% em DP e 80,0% em DG) nunca hesitar na direcção mais correcta confirma as qualidades referidas da interface. Para as rotações os resultados foram diferentes com menos alunos (46,7% em DP e 40,0% em DG) a realizar regularmente esta operação mas sem dificuldade na escolha do eixo (40,0% em DP e 33,3% em DG) raramente e (53,3% em DP e 60,0% em DG) nunca.

A maioria dos alunos (66,7% em DP e 80,0% em DG) nunca efectuou correctamente alterações de escala. Esta operação implica a selecção de um eixo ou uma área global (para escala uniforme) o que não foi evidente. No entanto (13,3% em DP e 6,7% em DG) realizaram sempre esta operação sem problemas de ajuste escala.

A facilidade de adaptação à interface proporcionou para esta categoria índices de autonomia logo no início da tarefa.

### **6.6.2 Aplicação - *SolidWorks***

No quadro 6-28 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito da operacionalidade manipulação dinâmica de objectos com o *SolidWorks*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-28 – Comportamentos observados - Operacionalidade na manipulação de objectos**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Realiza interactivamente modificação 2D
B	Realiza interactivamente modificação 3D
C	Realiza interactivamente translações
D	Tem dificuldade em escolher direcção adequada
E	Realiza interactivamente rotações
F	Tem dificuldade em escolher eixo adequado
G	Realiza correctamente alterações de escala
H	Tem dificuldade em ajustar escala

**Quadro 6-29 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	0,0%	66,7%	33,3%
B	0,0%	16,7%	41,7%	41,7%
C	0,0%	8,3%	41,7%	50,0%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

**Quadro 6-30 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	23,1%	38,5%	38,5%
B	7,7%	30,8%	30,8%	30,8%
C	0,0%	7,7%	30,8%	61,5%
D	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Os quadros 6-29 e 6-30 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *SolidWorks*.

Para esta categoria considerámos a manipulação em 2D quando o aluno teve de definir a forma base do elemento em 2D. Raramente (66,7% em DP e 38,5% em DG) ou nunca (33,3% em DP e 38,5% em DG) se verificaram situações de manipulação em 2D apenas 23,1% de alunos do grupo DG o efectuaram.

A manipulação em 3D no SolidWorks não é uma operação usual. As técnicas a utilizar no ambiente de construção de peças, já referido, não estão presentes na configuração inicial da aplicação donde resultou o facto dos alunos raramente (41,7% em DP e 30,8% em DG) e nunca (41,7% em DP e 30,8% em DG) terem usado estes recursos.

Resultados idênticos se registaram na realização interactiva de translações, rotações e alterações de escala.

Não consideramos que a interface do SolidWorks apresente limitações no campo da manipulação dinâmica. Considerando a metodologia de construção e o modelo conceptual da aplicação julgamos que estas técnicas são dispensáveis na aprendizagem da interface e para a proficiência de um utilizador experimentado.

## 6.7 Recurso a técnicas de visualização 3D

### 6.7.1 Aplicação - 3D Studio MAX

No quadro 6-31 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito do recurso a técnicas de visualização 3D com o *3D Studio MAX*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-31 – Comportamentos observados - Recurso a técnicas de visualização 3D**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos
B	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente em modificação de objectos
C	Selecciona vista (plano) de trabalho adequada
D	Revela dificuldade na selecção de vistas
E	Revela dificuldade na interpretação da posição dos objectos nas vistas
F	Cria objectos na vista 3D
G	Utiliza técnicas de visualização 3D de forma coerente
H	Utiliza visualização 3D quando seria adequado (construção)
I	Utiliza técnicas de visualização ( <i>zoom</i> e <i>pan</i> )
J	Utiliza botões do rato para operações de visualização
L	Revela sensação de perdido no espaço

**Quadro 6-32 – Tabela Síntese referente à aplicação 3D Studio MAX ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	26,7%	73,3%	0,0%
B	6,7%	53,3%	33,3%	6,7%
C	13,3%	40,0%	46,7%	0,0%
D	0,0%	6,7%	46,7%	46,7%
E	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
F	20,0%	20,0%	20,0%	40,0%
G	13,3%	33,3%	0,0%	53,3%
H	13,3%	13,3%	20,0%	53,3%
I	13,3%	20,0%	33,3%	33,3%
J	0,0%	20,0%	40,0%	40,0%
L	6,7%	6,7%	26,7%	60,0%

**Quadro 6-33 – Tabela Síntese referente à aplicação 3D Studio MAX ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%
B	6,7%	53,3%	40,0%	0,0%
C	0,0%	53,3%	26,7%	20,0%
D	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
E	0,0%	6,7%	20,0%	73,3%
F	6,7%	33,3%	53,3%	6,7%
G	13,3%	46,7%	20,0%	20,0%
H	0,0%	13,3%	13,3%	73,3%
I	0,0%	33,3%	40,0%	26,7%
J	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
L	0,0%	0,0%	40,0%	60,0%

Os quadros 6-32 e 6-33 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação 3D Studio MAX.

A visualização tridimensional, estática ou dinâmica, é uma das particularidades mais importantes nas aplicações de projecto 3D que contribui para uma aprendizagem mais rápida da interface e dos processos de operação. Já referimos em capítulos anteriores aspectos que se prendem com a visão e a percepção. Os resultados obtidos para as aplicações apenas diferem por questões formais de apresentação inicial da interface (no 3D Studio MAX com quatro vistas e no SolidWorks com apenas uma) e questões visuais exigidas pela metodologia de projecto (o SolidWorks é mais técnico).

Parte dos alunos (73,3% em DP e 60,0% em DG) utilizaram raramente as vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos mas (53,3% em DP e 53,3% em DG) recorreu regularmente a estas para operações de modificação e posicionamento espacial.

Muitos alunos raramente seleccionaram a vista de trabalho adequada (46,7% em DP e 26,7% em DG) para construir o objecto e 20,0% do grupo DG nunca teve em atenção este facto optando por alterar posteriormente a posição e orientação do objecto no espaço.

De qualquer modo, os alunos, raramente (46,7% em DP e 40,0% em DG) ou nunca (46,7% em DP e 53,3% em DG) revelaram dificuldade na selecção das vistas ou na interpretação da posição dos objectos nas vistas.

Poucos alunos (6,7% em DP) criaram sempre os objectos na vista 3D. A maioria (53,3% em DP e 73,3% em DG) nunca o fez.

Nem sempre as técnicas de visualização 3D foram utilizadas de forma coerente apesar de (33,3% em DP e 46,7% em DG) as usar regularmente e (13,3% em DP e 13,3% em DG) sempre. A maioria dos alunos (53,3% em DP e 73,3% em DG) nunca utilizou estas técnicas em situações de construção consideradas adequadas.

Operações como ampliações (*zoom*) e deslocamentos de ecrã (*pan*) foram pouco utilizadas (33,3% em DP e 40,0% em DG) raramente e (33,3% em DP e 26,7% em DG) nunca. Os botões do rato também não serviram para este fim com apenas dos alunos (20,0% em DP e 13,3% em DG) a usar regularmente.

Apesar de a maioria dos alunos (60,0% em DP e 60,0% em DG) nunca ou raramente (26,7% em DP e 40,0% em DG) ter revelado a sensação de perdido no espaço alguns apresentaram sintomas de desorientação espacial.

Interpretamos a pouca utilização destes recursos nesta fase inicial da aprendizagem com o facto de tais operações não serem fundamentais nas outras aplicações conhecidas dos alunos. A pouca complexidade da tarefa também não exigiu grandes áreas de trabalho ou pormenores de construção.

Apesar da pouca utilização (registada através do número de ocorrências) os alunos não tiveram dificuldade em dominar as técnicas de visualização resultando em bons índices de autonomia.

### 6.7.2 Aplicação – *SolidWorks*

No quadro 6-34 discriminamos os comportamentos que foram motivo de observação no âmbito do recurso a técnicas de visualização 3D com o *SolidWorks*. Para simplificar a análise gráfica atribuímos a cada comportamento uma letra.

**Quadro 6-34 – Comportamentos observados - Recurso a técnicas de visualização 3D**

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos
B	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente em modificação de objectos
C	Selecciona vista (plano) de trabalho adequada
D	Revela dificuldade na selecção de vistas
E	Revela dificuldade na interpretação da posição dos objectos nas vistas
F	Cria objectos na vista 3D
G	Utiliza técnicas de visualização 3D de forma coerente
H	Utiliza técnicas de visualização ( <i>zoom</i> e <i>pan</i> )
I	Utiliza botões do rato para operações de visualização
J	Revela sensação de perdido no espaço

**Quadro 6-35 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DP**

GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	41,7%	50,0%	8,3%
B	0,0%	41,7%	33,3%	25,0%
C	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	8,3%	91,7%
G	25,0%	58,3%	8,3%	8,3%
H	0,0%	25,0%	16,7%	58,3%
I	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
J	0,0%	0,0%	8,3%	91,7%

**Quadro 6-36 – Tabela Síntese referente à aplicação *SolidWorks* ao grupo DG**

GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	61,5%	30,8%	7,7%
B	0,0%	53,8%	38,5%	7,7%
C	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
G	76,9%	23,1%	0,0%	0,0%
H	0,0%	23,1%	7,7%	69,2%
I	0,0%	7,7%	0,0%	92,3%
J	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Os quadros 6-35 e 6-36 apresentam os dados que serviram de base ao estudo gráfico, em anexo, que compara as atitudes de cada grupo para a aplicação *SolidWorks*.

As características já referidas desta aplicação exigem o recurso obrigatório a técnicas de visualização 3D pelo que a maioria dos alunos (25,0% em DP e 76,9% em DG) utilizaram-nas sempre de forma coerente e (58,3% em DP e 23,0% em DG) regularmente.

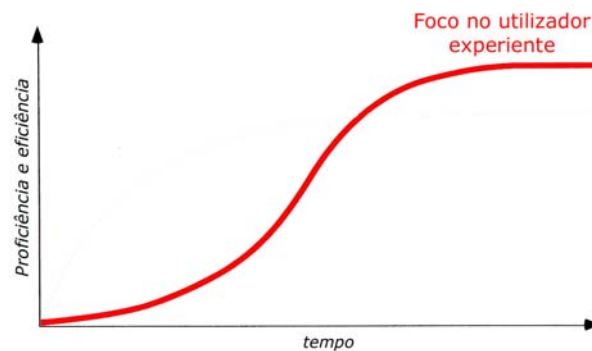
Os resultados são muito semelhantes para os restantes comportamentos.

Não seria possível operar com estas aplicações sem os recursos de visualização tridimensional. A iconografia utilizada mostrou-se consistente e o modo de operar com o rato e os botões tornou-se natural ao fim de pouco tempo.

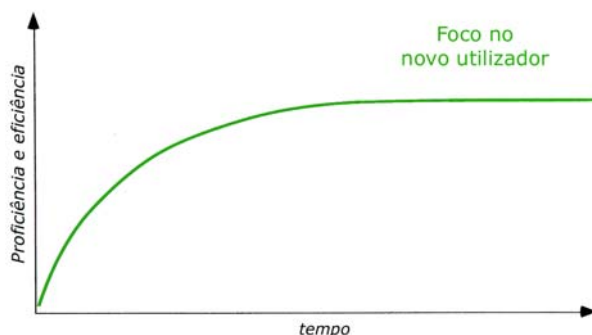
## 6.8 Autonomias na aprendizagem

Ao iniciarmos este projecto interrogávamo-nos sobre a influência das interfaces na aprendizagem de tecnologias de projecto 3D que, apesar de apresentarem estruturas semióticas idênticas, a eficiência em termos de aprendizagem parecia variar. Definimos eficiência como o período de tempo entre o início da aprendizagem e um ponto onde o aluno adquiria autonomia suficiente para desenvolver projectos conceptuais não orientados.

Apresentámos no segundo capítulo, ao abordarmos o ensino das tecnologias, o conceito de curva de aprendizagem, proposto por Nielsen (op. cit.), onde a autonomia de que falamos está subjacente nos gráficos 2-1 e 2-2.



**Gráfico 6-18 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no utilizador experiente. Adaptado de Nielsen (1993).**



**Gráfico 6-19 – Curva de aprendizagem para uma aplicação centrada no novo utilizador. Adaptado de Nielsen (1993)**

Todo o desenho metodológico do projecto se dirigia à questão da autonomia na aprendizagem. Da observação do registo automático de movimentos detectámos

quatro autonomias distintas para este tipo de aplicações: na construção dos objectos (Acon), na modificação dos objectos (Amod), na manipulação dinâmica dos objectos (Aman) e na visualização (Avis).

Após definição de categorias de análise e redução dos dados, processo descrito anteriormente, obtivemos diferentes curvas de aprendizagem que procuramos interpretar recorrendo aos gráficos dos estudos efectuados.

**Quadro 6-37 – Estudos gráficos efectuados**

---

<b>Autonomias - Análises gráficas efectuadas</b>
Grupo <i>design</i> de produto (DP) - <i>3D Studio MAX</i>
Grupo <i>design</i> gráfico (DG) - <i>3D Studio MAX</i>
Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>3D Studio MAX</i>
Grupo <i>design</i> de produto (DP) - <i>SolidWorks</i>
Grupo <i>design</i> gráfico (DG) - <i>SolidWorks</i>
Conjunto dos grupos <i>design</i> (DP+DG) - <i>SolidWorks</i>

---

Durante os 30 minutos do teste, em intervalos de 5 minutos para cada uma das aplicações determinámos os valores acumulados para cada grupo e para o conjunto de onde resultaram as situações que passamos a analisar.

### 6.8.1 Grupo *design* de produto (DP) - 3D Studio MAX

Quadro 6-38 – Valores acumulados – Grupo DP - 3D Studio MAX

t	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%
10	0,0%	13,3%	66,7%	13,3%
15	40,0%	40,0%	73,3%	26,7%
20	86,7%	80,0%	93,3%	66,7%
25	100,0%	93,3%	93,3%	93,3%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Estudo das autonomias na aprendizagem (DP)

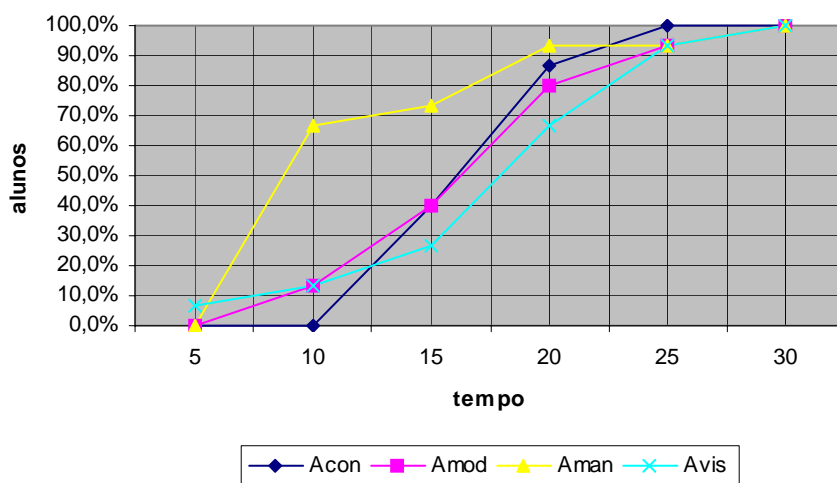


Gráfico 6-20 – Grupo DP - 3D Studio MAX

Para este grupo verificou-se uma adaptação rápida às técnicas de manipulação dos objectos. Mais de 70% dos alunos, aos 15 minutos, utilizava-as sem dificuldade.

Aos 20 minutos, mais de 80% dos alunos construía e modificava os objectos 3D com facilidade.

A aprendizagem das técnicas de visualização revelou-se mais lenta. Este facto pode resultar do facto de no *3D Studio MAX* existirem sempre (na configuração inicial) activas quatro vistas (três planares e uma perspectiva) e os alunos não sentirem a necessidade de recorrer às ferramentas de visualização.

Globalmente o grupo adaptou-se bem à interface reconhecendo as zonas específicas, adaptando técnicas de interacção já conhecidas e progredindo naturalmente em todas as vertentes.

### 6.8.2 Grupo *design* gráfico (DG) - 3D Studio MAX

Quadro 6-39 – Valores acumulados – Grupo DG - 3D Studio MAX

t	GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%
10	26,7%	33,3%	40,0%	20,0%
15	40,0%	46,7%	93,3%	33,3%
20	86,7%	60,0%	100,0%	86,7%
25	93,3%	93,3%	100,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

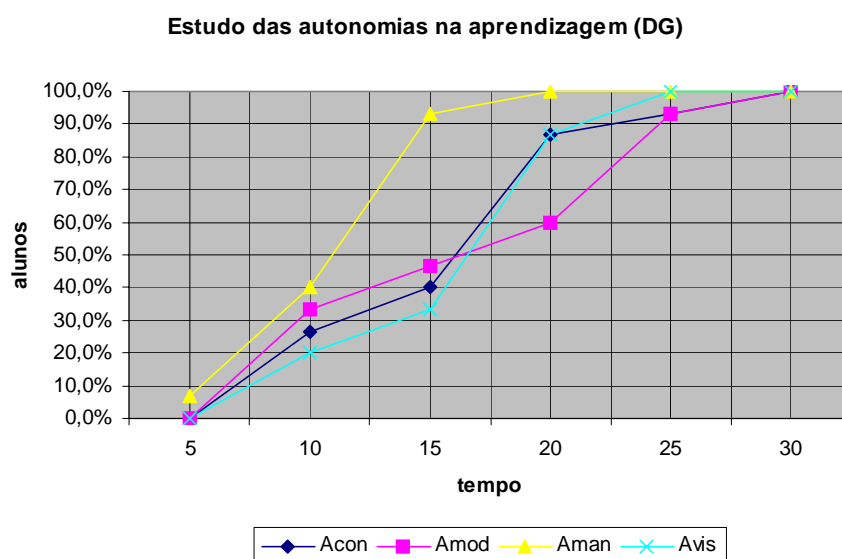


Gráfico 6-21 – Grupo DG - 3D Studio MAX

Para este grupo verificou-se uma adaptação ainda mais rápida às técnicas de manipulação dos objectos. Mais de 90% dos alunos, aos 15 minutos, utilizava-as sem dificuldade.

Aos 20 minutos, mais de 85% dos alunos construía e modificava os objectos 3D com facilidade.

A aprendizagem das técnicas de visualização também se revelou mais lenta neste grupo. Justificamos o facto da mesma forma que no grupo anterior.

Apesar das curvas de aprendizagem serem muito semelhantes às do grupo DP consideramos que a adaptação mais rápida deste grupo revelou uma melhor compreensão do modelo conceptual da interface.

### 6.8.3 Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) - 3D Studio MAX

Quadro 6-40 – Valores acumulados - Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) - 3D Studio MAX

t	CONJUNTO DOS GRUPOS <i>DESIGN</i> (DP+DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	3,3%	3,3%
10	13,3%	23,3%	53,3%	16,7%
15	40,0%	43,3%	83,3%	30,0%
20	86,7%	70,0%	96,7%	76,7%
25	96,7%	93,3%	96,7%	96,7%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Estudo das autonomias na aprendizagem (DP+DG)

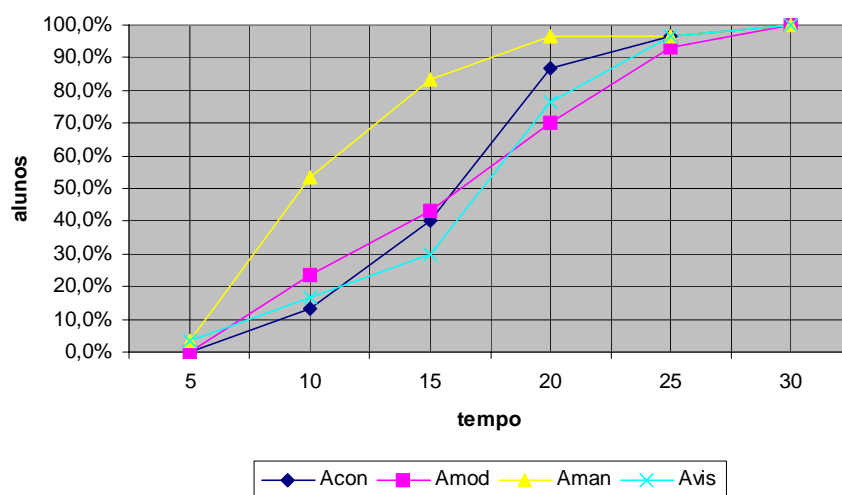


Gráfico 6-22 – Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) - 3D Studio MAX

Globalmente consideramos, numa abordagem inicial, uma adaptação à interface muito boa com mais de 70% dos alunos a utilizar regularmente todas as ferramentas (básicas) e a navegar naturalmente na interface antes dos 25 minutos.

As características de manipulação directa da interface permitem autonomias muito cedo e curvas de aprendizagem relativamente rápidas.

Efectuando a analogia com o gráfico proposto por Nielsen estamos perante uma interface centrada no utilizador se nos situarmos apenas na fase inicial de aprendizagem. Com o aprofundar das técnicas a complexidade aumenta e, por experiência, um domínio aceitável da aplicação é demorado e exige muito trabalho.

### 6.8.4 Grupo *design* de produto (DP) - *SolidWorks*

Quadro 6-41 – Valores acumulados – Grupo DP - *SolidWorks*

t	GRUPO <i>DESIGN</i> DE PRODUTO (DP)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%
10	16,7%	0,0%	0,0%	41,7%
15	25,0%	16,7%	8,3%	83,3%
20	41,7%	41,7%	25,0%	83,3%
25	83,3%	66,7%	58,3%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Estudo das autonomias na aprendizagem (DP)

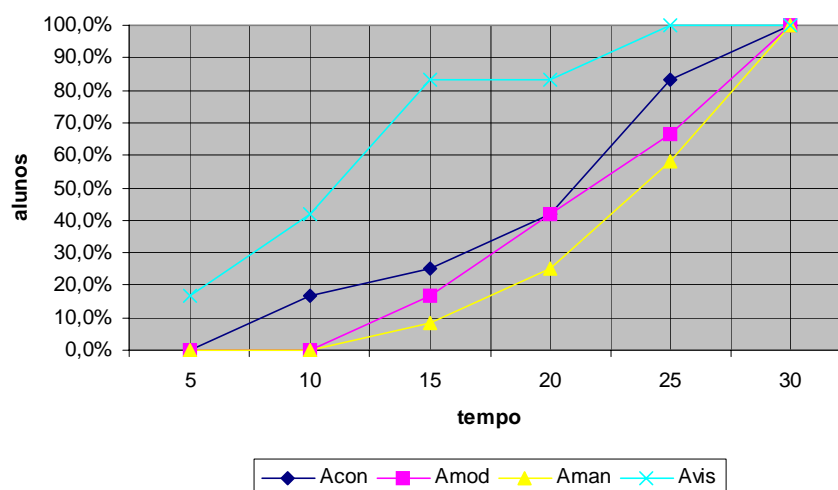


Gráfico 6-23 – Grupo DP - *SolidWorks*

Contrariamente ao que sucedeu anteriormente são as técnicas de visualização que apresentam uma mais rápida aprendizagem. Aos 15 minutos mais de 80% dos alunos utilizava-as regularmente. O facto de a aplicação apresentar apenas uma vista obriga a constantes manipulações dinâmicas para visualizar os diversos elementos geométricos no espaço 3D.

A filosofia desta aplicação é totalmente diferente da anterior exigindo mais conhecimentos geométricos. Registaram-se algumas dificuldades no entendimento das técnicas de construção e modificação.

Também uma transferência negativa de processos poderá ter causado inicialmente uma série de erros e tentativas de manipulação mal sucedidas provocando atraso na adaptação.

Evolução, em geral, mais lenta da aprendizagem mas com uma progressão rápida a partir dos 25 minutos.

### 6.8.5 Grupo *design* gráfico (DG) – *SolidWorks*

Quadro 6-42 – Valores acumulados – Grupo DG - *SolidWorks*

t	GRUPO <i>DESIGN</i> GRÁFICO (DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%	0,0%	38,5%
15	15,4%	0,0%	7,7%	53,8%
20	61,5%	23,1%	15,4%	92,3%
25	100,0%	38,5%	53,8%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Estudo das autonomias na aprendizagem (DG)

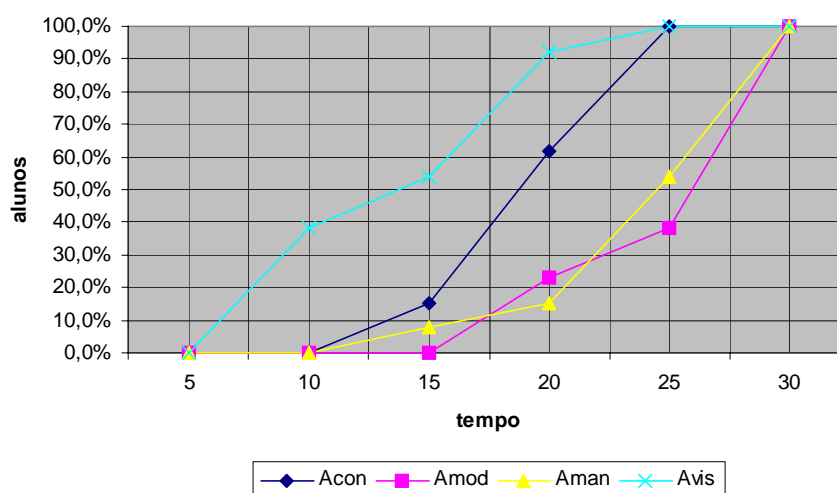


Gráfico 6-24 – Grupo DG - *SolidWorks*

Neste grupo também as técnicas de visualização que apresentaram uma mais rápida aprendizagem. Aos 20 minutos mais de 90% dos alunos utilizava-as regularmente.

A filosofia desta aplicação é totalmente diferente da anterior exigindo mais conhecimentos geométricos. Registaram-se grandes dificuldades no entendimento das técnicas de modificação e manipulação de objectos.

Também uma transferência negativa de processos poderá ter causado inicialmente uma série de erros e tentativas de manipulação mal sucedidas provocando atraso na adaptação.

Evolução, mais lenta da aprendizagem mas com uma progressão rápida a partir dos 25 minutos e 20 minutos para a construção de objectos.

### 6.8.6 Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) – *SolidWorks*

Quadro 6-43 – Valores acumulados - Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) - *SolidWorks*

t	CONJUNTO DOS GRUPOS <i>DESIGN</i> (DP+DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	8,0%
10	8,0%	0,0%	0,0%	40,0%
15	20,0%	8,0%	8,0%	68,0%
20	52,0%	32,0%	20,0%	88,0%
25	92,0%	52,0%	56,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

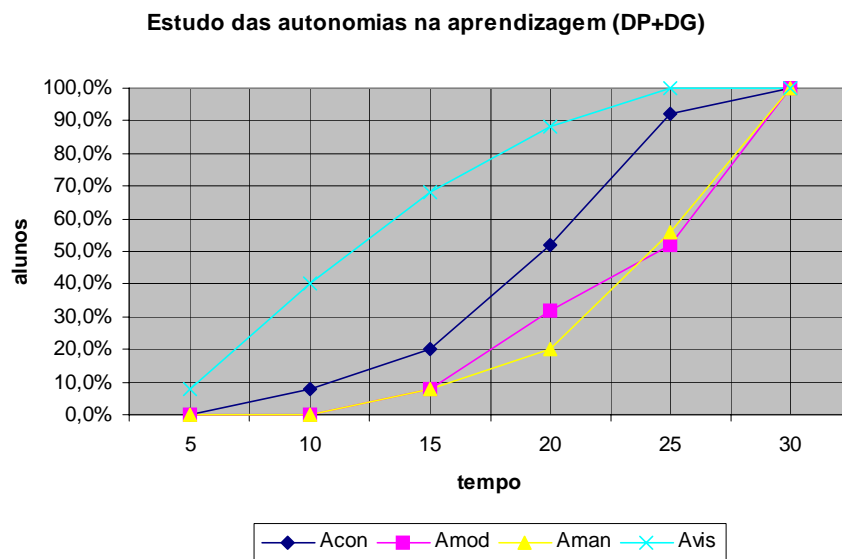


Gráfico 6-25 – Conjunto dos grupos *design* (DP+DG) – *SolidWorks*

Numa abordagem inicial, constatou-se uma adaptação à interface mais lenta que no *3D Studio MAX* principalmente na modificação e manipulação de objectos só aos 25 minutos e apenas 50% dos alunos atingiram níveis de autonomia nestas vertentes e muitos apresentaram dificuldades até ao final do teste.

Esta interface não possui características de manipulação directa tão evidentes o que não permitiu autonomias tão cedo. Só a curva de aprendizagem da visualização dinâmica se pode considerar rápida.

Verificou-se, no entanto, em ambos os grupos, uma progressão muito rápida entre os 25 e os 30 minutos provavelmente como resultado do entendimento tardio da filosofia de construção de objectos.

Esta situação leva-nos a concluir que o modelo conceptual da aplicação também deve ser considerado na fase inicial de aprendizagem. Neste caso, com o *SolidWorks*, os alunos demoraram mais tempo a formar um modelo mental da aplicação que lhes permitisse executar as tarefas com tanta facilidade no início.

#### **6.8.7 Estudos comparativos de autonomias**

Nos estudos gráficos seguintes comparamos cada grupo perante a mesma aplicação nas diferentes vertentes em análise.

Pretendíamos retirar conclusões localizadas que permitissem diferenciar os grupos e simultaneamente garantir uma maior consistência das conclusões.

#### **Quadro 6-44 – Estudos gráficos efectuados**

---

<b>Autonomias comparadas – Estudos comparados</b>
Autonomia na construção de objectos – <i>3D Studio MAX – SolidWorks</i>
Autonomia na modificação de objectos – <i>3D Studio MAX – SolidWorks</i>
Autonomia na manipulação de objectos – <i>3D Studio MAX – SolidWorks</i>
Autonomia na visualização – <i>3D Studio MAX – SolidWorks</i>

---

### 6.8.7.1 Autonomia na construção de objectos

Quadro 6-45 – Estudo comparado – 3D Studio MAX – SolidWorks – (Acon)

t	3D Studio MAX		SolidWorks	
	DP	DG	DP	DG
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%	26,7%	16,7%	0,0%
15	40,0%	40,0%	25,0%	15,4%
20	86,7%	86,7%	41,7%	61,5%
25	100,0%	93,3%	83,3%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Autonomia na construção de objectos

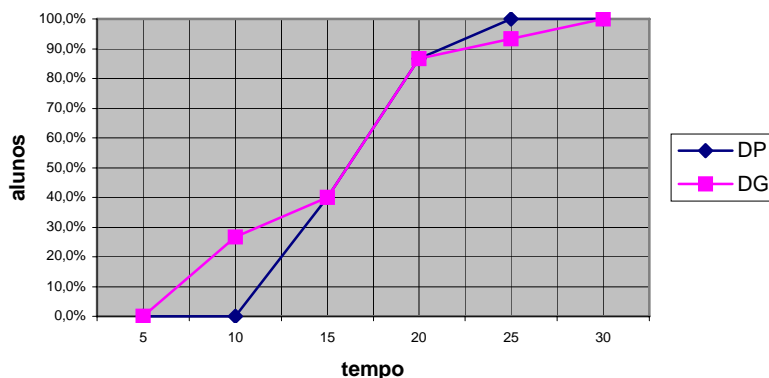


Gráfico 6-26 – Estudo comparado - Autonomia na construção de objectos - 3D Studio MAX

Autonomia na construção de objectos

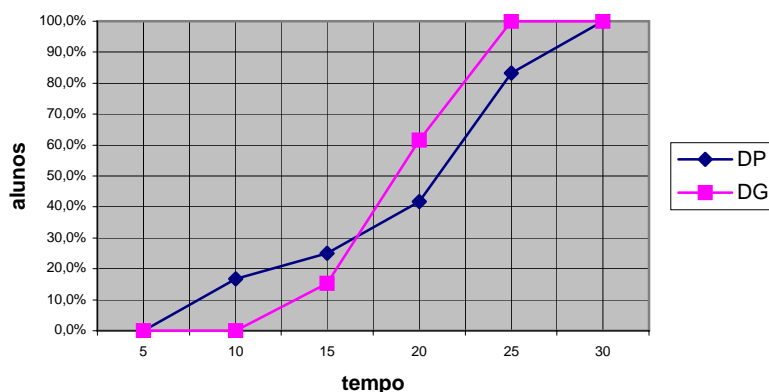


Gráfico 6-27 – Estudo comparado - Autonomia na construção de objectos – SolidWorks

Aprendizagem mais rápida com o 3D Studio MAX. O grupo DP demorou mais tempo na adaptação mas a partir dos 15 minutos não se observam diferenças significativas entre os grupos.

Com o SolidWorks é o grupo DG que demora mais na adaptação mas após os 15 minutos progride regularmente com índices ligeiramente superiores ao grupo DP.

A aparente maior dificuldade com a aprendizagem do *SolidWorks*, como já referimos, relaciona-se mais com questões de metodologia e processos de construção do que na interface.

Não é observável uma possível preferência por uma aplicação. Os índices de aprendizagem são muito semelhantes.

### 6.8.7.2 Autonomia na modificação de objectos

Quadro 6-46 – Estudo comparado – *3D Studio MAX* – *SolidWorks* – (Amod)

t	<i>3D Studio MAX</i>		<i>SolidWorks</i>	
	DP	DG	DP	DG
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	13,3%	33,3%	0,0%	0,0%
15	40,0%	46,7%	16,7%	0,0%
20	80,0%	60,0%	41,7%	23,1%
25	93,3%	93,3%	66,7%	38,5%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Autonomia na modificação de objectos

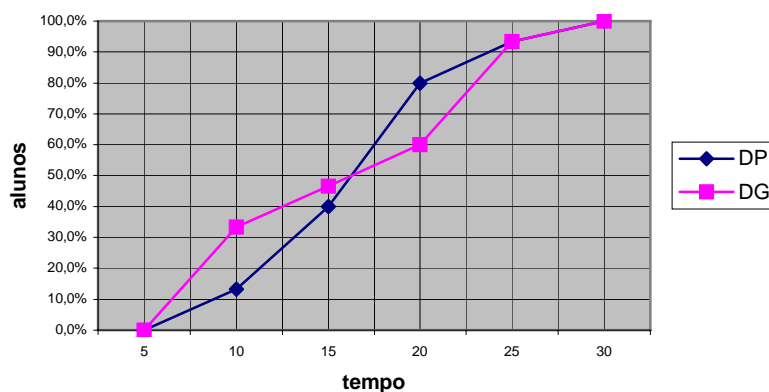
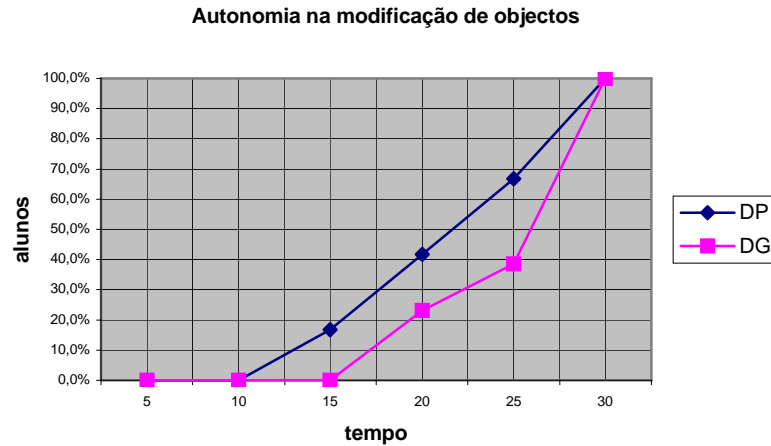


Gráfico 6-28 – Estudo comparado -Autonomia na modificação de objectos - *3D Studio MAX*



**Gráfico 6-29 – Estudo comparado -Autonomia na modificação de objectos - *SolidWorks***

Aprendizagem mais rápida com o *3D Studio MAX*. Como no caso anterior o grupo DP demorou mais tempo na adaptação mas a partir dos 15 minutos não se observam diferenças significativas entre os grupos.

Se no *3D Studio MAX* a modificação de objectos é transparente para os alunos através de um painel de edição ou mesmo de técnicas interactivas idênticas a outros programas gráficos, no *SolidWorks* isso não acontece. É necessário recorrer a comandos de edição e as técnicas interactivas apesar de existirem e serem funcionais para um utilizador experiente são menos evidentes numa fase inicial de aprendizagem.

Também neste caso não é observável uma possível preferência por uma aplicação. Os índices de aprendizagem são semelhantes.

### 6.8.7.3 Autonomia na manipulação de objectos

Quadro 6-47 – Estudo comparado – 3D Studio MAX – SolidWorks – (Aman)

t	3D Studio MAX		SolidWorks	
	DP	DG	DP	DG
5	0,0%	6,7%	0,0%	0,0%
10	66,7%	40,0%	0,0%	0,0%
15	73,3%	93,3%	8,3%	7,7%
20	93,3%	100,0%	25,0%	15,4%
25	93,3%	100,0%	58,3%	53,8%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Autonomia na manipulação de objectos

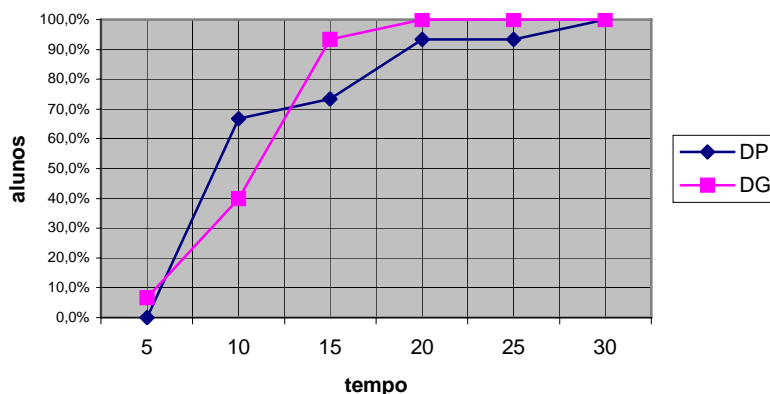


Gráfico 6-30 – Estudo comparado - Autonomia na manipulação de objectos - 3D Studio MAX

Autonomia na manipulação de objectos

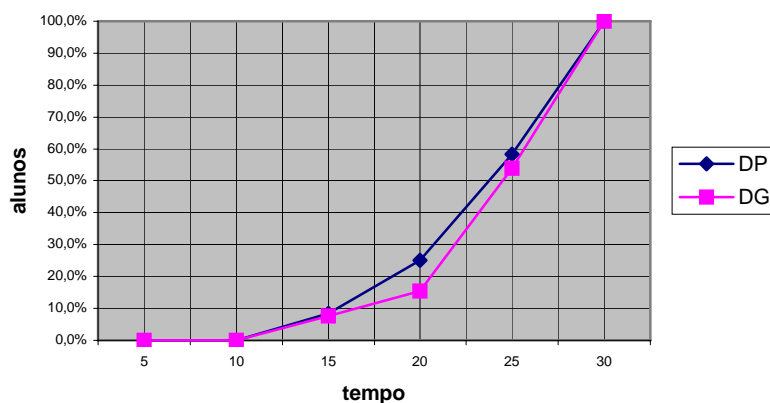


Gráfico 6-31 – Estudo comparado - Autonomia na manipulação de objectos - SolidWorks

Para este teste de interacção utilizámos as configurações base das aplicações e no caso do SolidWorks apenas no ambiente de realização de peças. O objectivo é realizar uma peça independente que será um elemento de um conjunto. Neste ambiente a manipulação de objectos é essencialmente aplicada a operações 2D e

muito limitada nas operações 3D. O *SolidWorks* possui um ambiente próprio para conjuntos onde a manipulação dos objectos é fundamental na colocação espacial das peças e a interface apresenta recursos evoluídos de manipulação directa.

A diferença verificada neste caso tem apenas uma justificação técnica. Os grupos progrediram nas interfaces de forma idêntica e adaptaram-se facilmente aos recursos de manipulação do *3D Studio MAX*. A semelhança com outros programas gráficos permitiu uma transferência de processos traduzida em elevados índices de autonomia antes dos 15 minutos.

### 6.8.7.4 Autonomia na visualização

Quadro 6-48 – Estudo comparado – *3D Studio MAX* – *SolidWorks* – (Avis)

t	<i>3D Studio MAX</i>		<i>SolidWorks</i>	
	DP	DG	DP	DG
5	6,7%	0,0%	16,7%	0,0%
10	13,3%	20,0%	41,7%	38,5%
15	26,7%	33,3%	83,3%	53,8%
20	66,7%	86,7%	83,3%	92,3%
25	93,3%	100,0%	100,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Autonomia na visualização 3D

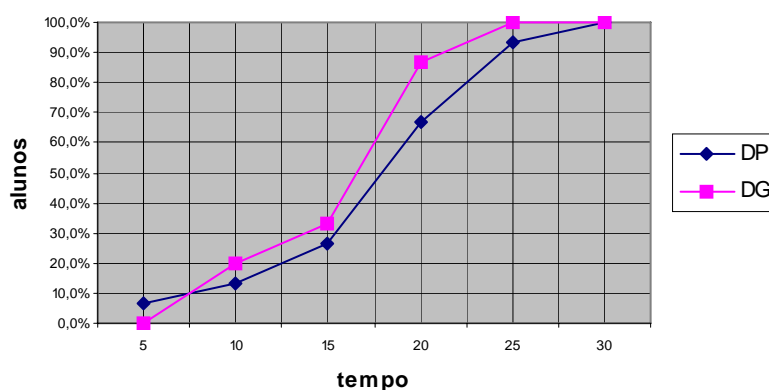


Gráfico 6-32 – Estudo comparado - Autonomia na visualização - *3D Studio MAX*

Autonomia na visualização 3D

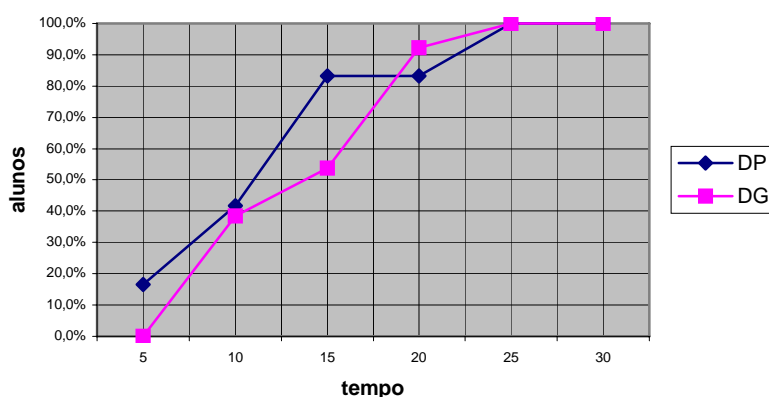


Gráfico 6-33 – Estudo comparado - Autonomia na visualização - *SolidWorks*

A visualização tridimensional é uma das características das aplicações de projecto 3D. Os ícones, mesmo os menos familiares, após a actuação com um clique mostram imediatamente o resultado com uma resposta visual elucidativa.

No SolidWorks é obrigatório utilizar todos os recursos de visualização para situar o objecto no espaço. Apenas é mostrada uma vista no ecrã na configuração de partida. Aos 20 minutos mais de 80% dos alunos dominava e utilizava com frequência técnicas de visualização.

O 3D Studio MAX apresenta quatro vistas (três planares e uma de perspectiva) com a possibilidade de se poder trabalhar em qualquer delas visualizando o resultado nas outras. Este facto permite não usar com frequência as técnicas de visualização para projectos pequenos, como era o caso. Como consequência o número de ocorrências foi menor no *3D Studio MAX* conduzindo a resultados que podem aparentar uma maior dificuldade dos alunos que não aconteceu.

Também neste caso não é observável uma possível preferência por uma aplicação. Os índices de aprendizagem são semelhantes.

## **6.9 Entrevista individual**

### **6.9.1 Considerações gerais**

A opção pela entrevista individual estruturada justifica-se pela natureza do estudo. De acordo com as ideias de Olabuenaga referido por Aires<sup>116</sup>, pretende-se compreender mais do que se explica e procura-se maximizar o resultado assumindo uma postura de ouvinte interessado numa relação equilibrada entre familiaridade e profissionalismo. Durante a condução da entrevista orientámo-nos pelo guião orientador, as perguntas foram formuladas com esquema fixo de categorias de resposta mas sempre controlando o ritmo da entrevista em função das respostas do entrevistado.

No pré-guião da entrevista orientámo-nos, de acordo com os objectivos de investigação, por questões que se relacionavam essencialmente com:

- a orientação na estrutura global da aplicação;
- usabilidade da interface;
- noção de auto-aprendizagem facultada pela interface;
- satisfação na utilização da interface.

---

<sup>116</sup> AIRES, Luísa (2004). *O Paradigma Qualitativo e as suas Práticas de Investigação Educacional*. Documento de apoio à disciplina de MI do curso de Pós-Graduação em CEM. Universidade Aberta

Realizámos a entrevista logo após os ensaios de interacção com uma ideia pré-estabelecida (observação de alguns registos) dos resultados dos dados provenientes dos registos automáticos. As questões orientadoras relacionaram-se com aspectos pessoais específicos de forma a complementar os resultados da observação.

Considerando que a usabilidade da interface pode ser analisada, em termos gerais, na facilidade em aprender a usar e na facilidade em usar incidimos o foco das questões nas dificuldades, ou não, de orientação na estrutura global da aplicação, do ponto de vista do aluno, esperando-se aferir a possibilidade de ter acontecido, durante a execução da tarefa, o fenómeno psicológico caracterizado por uma sobrecarga de informação, se a quantidade de informação ultrapassou a capacidade cognitiva individual. Na satisfação, aspecto importante para a usabilidade, durante o uso da interface e na sensação de aprender e querer aprender com a interface.

### **6.9.2 As questões colocadas na entrevista**

Para cada uma das interfaces colocámos, aos alunos, individualmente, questões de resposta directa (sim, não e indiferente) e procurámos a justificação com respostas naturais mas concisas:

*Encontrou diferenças entre estas duas aplicações e as outras que conhecia?*

*Antes do teste já tinha alguma experiência em aplicações 3D?*

*Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) da aplicação?*

*Enumere alguns aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto.*

*Enumere algumas das dificuldades durante o desenvolvimento (construção do modelo) do projecto.*

*Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?*

*Tente explicar porquê.*

*Sentiu que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto?*

*Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto inicial?*

*Gostou de trabalhar com a aplicação?*

*Enumere alguns aspectos de que tivesse gostado especialmente na interface.*

### 6.9.3 Análise das respostas dos alunos

*Encontrou diferenças entre estas duas aplicações e as outras que conhecia?*

*Antes do teste já tinha alguma experiência em aplicações 3D?*

Referimos aos alunos aplicações com *Word*, *Excel*, *Freehand* ou o *Internet Explorer* e, como já esperávamos, todos encontraram diferenças nas interfaces mesmo os que assumiram ter alguma experiência em aplicações 3D concretamente em *AutoCAD*. De facto a diferença ente interfaces e metodologia de construção é notória.

Este resultado confirma as considerações que efectuámos aquando da selecção da amostra. Para o grupo de 30 alunos o ensaio de interacção com o *SolidWorks* e *3D Studio MAX* representou uma experiência completamente nova com as interfaces.

#### 6.9.3.1 Entrevista sobre o *3D Studio MAX*

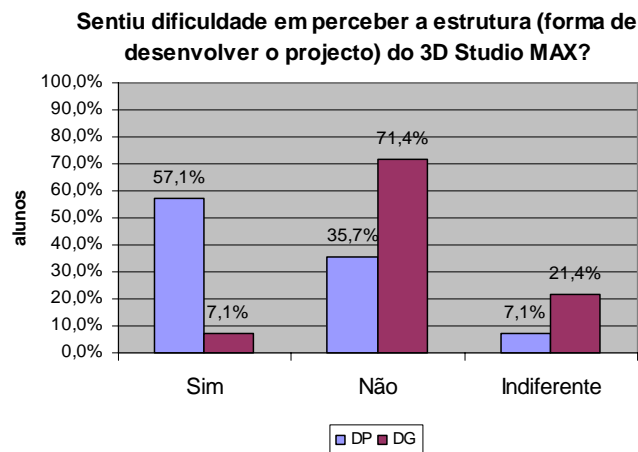
A. *Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) da aplicação?*

Quadro 6-49 – *3D Studio MAX* e Grupo DP

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
57,1%	35,7%	7,1%

Quadro 6-50 – *3D Studio MAX* e Grupo DG

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
7,1%	71,4%	21,4%



**Gráfico 6-34 – A. Estudo comparado – 3D Studio MAX - DP e DG**

A estrutura e a metodologia de construção de objectos colocaram mais dificuldades aos alunos de DP. Apenas 7,1% dos alunos de DG manifestaram dificuldades neste domínio.

Quando pedimos para numerar os aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto obtivemos respostas muito diversas. O grupo DP referiu-se muitas vezes à complexidade dos menus. Alegam ter tido dificuldade em encontrar as funções mas admitem que este facto resulta da interface ser diferente do habitual. Apenas dois alunos apontaram dificuldades na visualização.

Os alunos do grupo DG também encontraram algumas dificuldades nos menus e ícones mas no geral confirmam a facilidade com que usaram a aplicação. Os comentários em anexo reforçam esta ideia.

Quando pedimos para enumerar as principais dificuldades durante o desenvolvimento do projecto os alunos referiram-se às questões de visualização espacial. As dificuldades na colocação precisa dos objectos no espaço tiveram a ver com o sistema de visualização 3D. Os comentários dos grupos são elucidativos e concordantes.

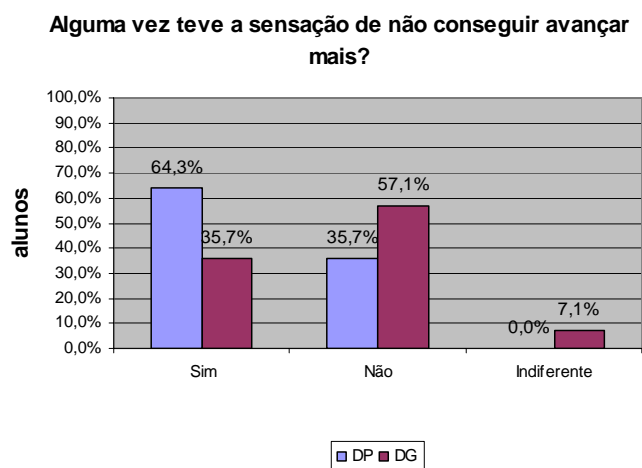
**B. Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?**

**Quadro 6-51 – 3D Studio MAX e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
64,3%	35,7%	0,0%

**Quadro 6-52 – 3D Studio MAX e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
35,7%	57,1%	7,1%



**Gráfico 6-35 – B. Estudo comparado – 3D Studio MAX - DP e DG**

Também se registou uma menor adaptação à interface pelo grupo DP com 64,3% dos alunos a ter a sensação de não conseguir avançar mais. Os alunos justificam o facto com as mesmas razões descritas anteriormente: Menus complexos, dificuldade em encontrar o procedimento correcto, pouco tempo de prática e dificuldades na visualização.

**C. Sentiu que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto?**

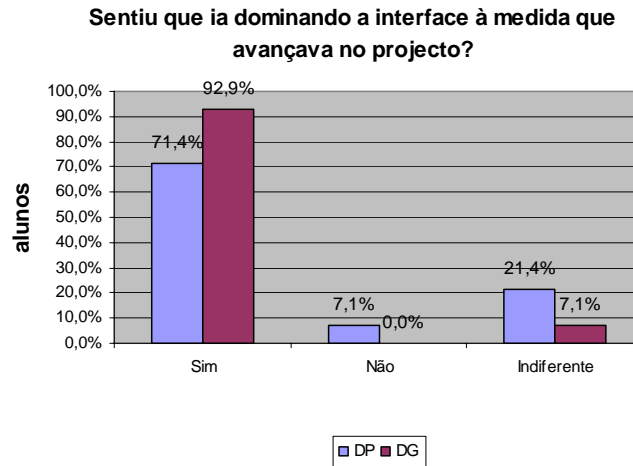
**Quadro 6-53 – 3D Studio MAX e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
71,4%	7,1%	21,4%

**Quadro 6-54 – 3D Studio MAX e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente

92,9%	0,0%	7,1%
-------	------	------



**Gráfico 6-36 –C. Estudo comparado – 3D Studio MAX - DP e DG**

Este era um dos aspectos que pretendíamos confirmar. A interface proporciona um ambiente favorável à aprendizagem. A maioria dos alunos admite que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto.

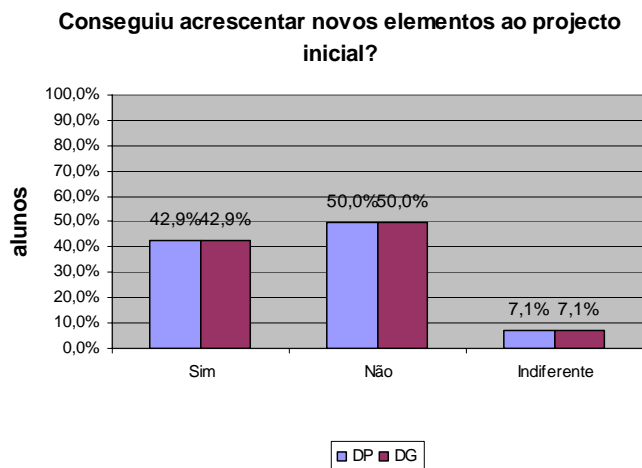
**D. Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto inicial?**

**Quadro 6-55 – 3D Studio MAX e Grupo DP**

<b>Respostas</b>		
Sim	Não	Indiferente
42,9%	50,0%	7,1%

**Quadro 6-56 – 3D Studio MAX e Grupo DG**

<b>Respostas</b>		
Sim	Não	Indiferente
42,9%	50,0%	7,1%



**Gráfico 6-37 – D. Estudo comparado – 3D Studio MAX - DP e DG**

Apesar de não ter sido dado muito tempo para a conclusão da tarefa 42,9% dos alunos conseguiram adicionar novos elementos ao projecto. Estes alunos exploraram a interface e descobriram outras formas e outras técnicas.

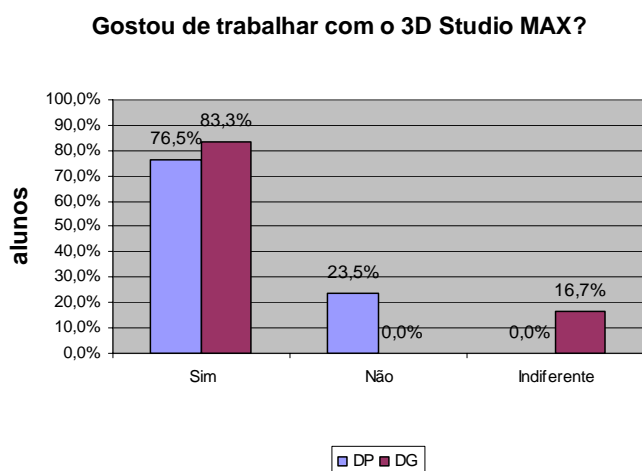
**E. Gostou de trabalhar com a aplicação?**

**Quadro 6-57 – 3D Studio MAX e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
76,5%	23,5%	0,0%

**Quadro 6-58 – 3D Studio MAX e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
85,7%	0,0%	14,3%



**Gráfico 6-38 – E. Estudo comparado – 3D Studio MAX - DP e DG**

A maioria dos alunos (76,5% em DP e 83,3% em DG) assume que gostou de trabalhar com o 3D Studio MAX e quando pedimos para enumerar alguns aspectos que tivessem gostado especialmente são as possibilidades de visualização e técnicas de manipulação directa que mais são referidas.

### 6.9.3.2 Entrevista sobre o *SolidWorks*

#### F. *Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) da aplicação?*

Quadro 6-59 – *SolidWorks* e Grupo DP

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
58,3%	41,7%	0,0%

Quadro 6-60 – *SolidWorks* e Grupo DG

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
75,0%	16,7%	8,3%

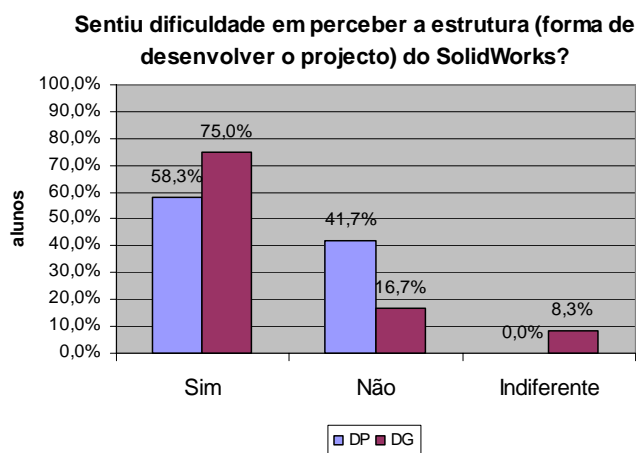


Gráfico 6-39 – F. Estudo comparado – *SolidWorks* - DP e DG

Muitos alunos, mais no grupo DG, revelaram dificuldades em perceber a forma de desenvolver o projecto. A necessidade de seleccionar obrigatoriamente planos de trabalho para a realização de uma forma 2D e a adaptação para 3D envolver mais manipulação foram os factores apontados para as dificuldades. Poucas referências aos elementos da interface quando pedimos para enumerar os aspectos que dificultaram a

execução do projecto as maiores dificuldades encontradas referem-se, mais uma vez, à metodologia de construção (2D e passagem para 3D), a selecção dos planos e à menos intuitiva técnica de manipulação dos objectos.

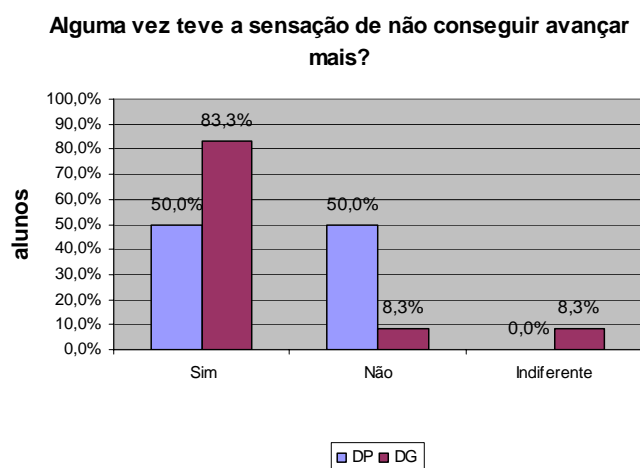
**G. Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?**

**Quadro 6-61 – SolidWorks e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
50,0%	50,0%	0,0%

**Quadro 6-62 – SolidWorks e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
83,3%	8,3%	8,3%



**Gráfico 6-40 – G. Estudo comparado – SolidWorks - DP e DG**

A maioria dos alunos do grupo DG teve a sensação de não conseguir avançar mais. O grupo DP adaptou-se melhor à metodologia da aplicação e à interface.

Ao explicar porquê os alunos continuaram a referir a filosofia do programa como uma causa dos problemas, o desconhecimento da interface e certos procedimentos que exigem um pouco mais de prática.

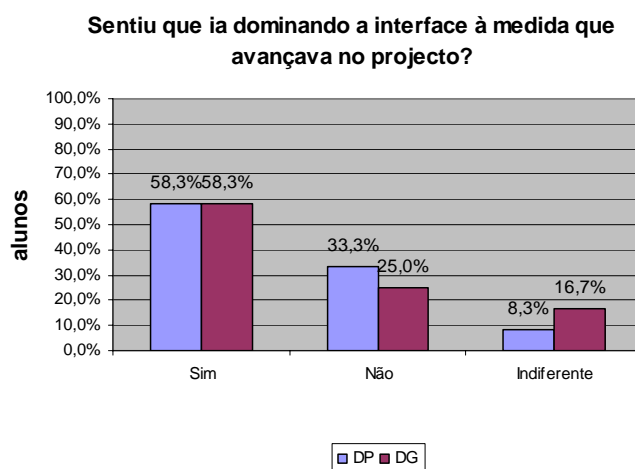
**H. Sentiu que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto?**

**Quadro 6-63 – SolidWorks e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
58,3%	33,3%	8,3%

**Quadro 6-64 – SolidWorks e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
58,3%	33,3%	8,3%



**Gráfico 6-41 – H. Estudo comparado – SolidWorks - DP e DG**

Apesar do grupo DG ter manifestado uma maior dificuldade com esta aplicação mais de metade dos alunos sentiram ir dominando a interface à medida que avançava no projecto. Como no *3D Studio MAX* a interface favorece a auto-aprendizagem. Um aluno referiu-se à descoberta a que estas aplicações convidam:

*“Existiu sempre alguma vontade de descobrir o que vai para além das nossas capacidades é interessante visualizar construções em 3D.”*

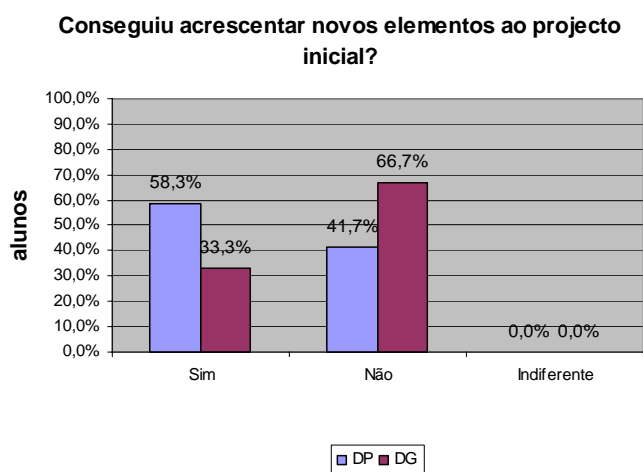
**I. Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto inicial?**

**Quadro 6-65 – SolidWorks e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
58,3%	41,7%	0,0%

**Quadro 6-66 – SolidWorks e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
33,3%	66,7%	0,0%



**Gráfico 6-42 – I. Estudo comparado – SolidWorks - DP e DG**

Apesar das dificuldades muitos alunos acrescentaram novos elementos ao projecto. O grupo DP adaptou-se melhor a esta aplicação.

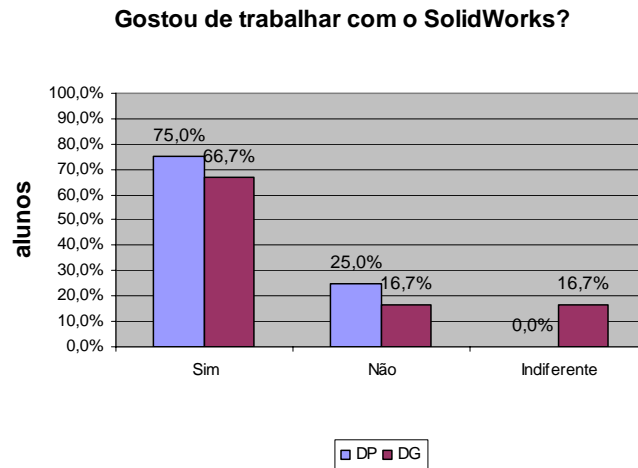
**J. Gostou de trabalhar com a aplicação?**

**Quadro 6-67 – SolidWorks e Grupo DP**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
75,0%	25%	0,0%

**Quadro 6-68 – SolidWorks e Grupo DG**

Respostas		
Sim	Não	Indiferente
66,7%	16,7%	16,7%



**Gráfico 6-43 – J. Estudo comparado – *SolidWorks* - DP e DG**

Como no *3D Studio MAX* dos alunos (75,0% em DP e 66,7% em DG) assume que gostou de trabalhar com o SolidWorks e quando pedimos para enumerar alguns aspectos que mais gostaram os alunos referiram-se à interface, às possibilidades de visualização e técnicas de manipulação directa. Uma questão interessante foi o facto de muitos alunos, fundamentalmente do grupo DP, apontarem vantagens específicas para o *design* de produto.

CAPÍTULO 7  
CONCLUSÕES



## 7. CONCLUSÕES

### 7.1 A questão de partida

Muitas vezes, ao longo do texto, nos referimos à experiência pessoal no domínio do ensino das tecnologias de projecto 3D. Toda essa prática acompanhou-nos durante a transição social para uma era digital, no mergulho na Galáxia da Internet caracterizada tão concisamente por Manuel Castells, o facto de termos vivido parte da evolução das interfaces gráficas e sentirmos a mudança nas atitudes e nas motivações dos alunos levou-nos a aprofundar o tema colocando a questão que desencadeou este projecto.

*De que modos o design da interface das aplicações 3D influencia a curva de aprendizagem dos alunos?*

Sabíamos que essa influência existia, obrigou-nos a periódicas reformulações de modos mais tradicionais de encarar o ensino das tecnologias. Tínhamos a percepção, desde os primeiros tempos, que o projecto por computador motivava naturalmente os alunos. Numa época onde que a linha e comandos, um ecrã com fundo negro e a capacidade da aplicação gerar formas 3D em modelo de arames garantiam os atributos necessários para criar o que Norman (1993)<sup>117</sup> apelidava de ambiente educacional ideal.

A usabilidade zero da interface não se limitava a certos aspectos, referindo novamente Norman e alguns dos atributos, como a intensidade elevada de interacção, a motivação provocada pela sensação contínua de desafio, a aprendizagem contextual, enfim, quase um jogo de vídeo...é apenas a interacção que promove a motivação? Ou podemos estar perante uma situação de motivação intrínseca?

Apesar da motivação intrínseca a grande questão, na altura, era o tempo que os alunos demoravam a atingir um nível de autonomia que lhes permitisse desenvolver

---

<sup>117</sup> Norman, D.A. (1993). Things that Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine., New York: Addison-Wesley.

projectos. A era digital ainda era uma utopia. As interfaces gráficas eram uma novidade no mundo do CAD 3D..

Pouco tempo depois, estávamos em 2006, com aplicações de projecto por computador, rigorosamente com a mesma função de modelar virtualmente objectos em 3D, alunos da era digital, talvez alguns da geração de “nativos digitais” da teoria radical de Prensky (2001)<sup>118</sup>, com novas (mas usadas)<sup>119</sup> interfaces tipo WIMP com janelas, ícones, menus, apontadores e manipulação directa quando propusemos a trinta alunos (futuros designers) efectuar um projecto 3D em trinta minutos com aplicações desconhecidas destes.

A razão da proposta era a nossa tese. Um estudo que passa pela compreensão dos fenómenos cognitivos provocados pelas interfaces das aplicações de projecto 3D durante uma primeira fase da aprendizagem de alunos de *design*.

## 7.2 Mais questões

A envolvente ecológica do estudo, uma escola de *design* e a aplicação da tecnologia de modelação 3D em *design*, a alunos de cursos diferenciados de *design* levou-nos a colocar outras questões que contemplassem a singularidade do caso:

***De que forma aplicações diferentes com interfaces semelhantes afectarão a curva de aprendizagem dos alunos?***

Qualquer das interfaces gráficas, objecto do estudo, concebidas para um contexto de projecto 3D ofereceram um domínio semiótico familiar, embora diferente em cada aplicação, ao aluno que facultou um ambiente de aprendizagem favorável à participação voluntária e dinâmica do aprendente numa exploração orientada que afectou positivamente a curva de aprendizagem.

***A curva de aprendizagem de cada interface é semelhante para alunos de cursos distintos?***

O período limitado do estudo, trinta minutos, e o reduzido número de alunos não permitiu diferenciar objectivamente o efeito interface na curva de aprendizagem dos

---

<sup>118</sup> PRENSKY, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon - NCB University Press, 9(5).

<sup>119</sup> Referimo-nos à usabilidade.

alunos de cursos distintos. No entanto, diferenças subtis sugerem uma eventual melhor adaptação de cada um dos grupos a determinada interface.

### **7.3 A investigação**

O grande desafio, nesta investigação, foi interpretar e qualitativamente descrever na tentativa de compreender processos e formas de aprender dos alunos de *design*. Enveredámos por realizar ensaios de interacção onde a interface das aplicações 3D gerou, por si só, um ambiente de aprendizagem ideal e simultaneamente acabámos por efectuar uma experiência que consideramos construtivista na linha cognitiva.

Temos consciência do carácter circunscrito dos resultados que se limita ao contexto da experiência considerando a dimensão reduzida da amostra, apesar do cuidado que aplicámos na sua selecção, cumprindo todos os requisitos de um teste de usabilidade (apesar de o não ser) face à situação que pretendíamos observar ao considerarmos como características de equidade para o nosso estudo a idade dos alunos, o percurso curricular na área da matemática e desenho, o percurso curricular na área da informática, a experiência com computadores e interfaces gráficas, garantir a pouca experiência em projecto 3D, a motivação e a atitude.

Reunimos dois grupos de quinze alunos. Um grupo com alunos de *design* gráfico e outro de *design* de produto. Todos possuíam alguma experiência em interfaces tipo WIMP com manipulação directa e conhecimentos razoáveis de desenho e geometria no espaço.

Consideramos o método de observação utilizado, gravação do registo automático de movimentos, o mais adequado para testes de interacção, com as vantagens e inconvenientes já referidos. Assinalamos a exigência de recursos informáticos significativos e o tempo despendido na observação se pensarmos em cerca de sessenta registos de trinta minutos analisados duas vezes<sup>120</sup>.

Desde logo, aquando das primeiras observações, deduzimos que não seria viável tentar estabelecer apenas um nível de autonomia na aprendizagem ponderando a diversidade de situações e consequentes interacções neste tipo concreto de interfaces. A tecnologia obriga a competências no âmbito da construção, modificação, manipulação de objectos no espaço 3D e ainda na visualização tridimensional.

---

<sup>120</sup> 60 horas

Obtivemos então quatro estudos diferentes com dois grupos de análise e com duas aplicações distintas: o *3D Studio MAX* e o *SolidWorks*.

Tentámos cruzar todas estas situações efectuando diversos estudos gráficos na tentativa de garantir uma análise qualitativa mais objectiva minimizando o convite à especulação.

Não nos pareceu adequado aplicar técnicas estatísticas de validação de resultados dado o carácter qualitativo que, desde o início, nos norteou na experiência. Admitimos, no entanto, que podíamos valorizar algumas conclusões com testes de validação.

Os dados da entrevista individual balizaram os resultados da análise das observações e, de certa forma, confirmaram ou reforçaram essa análise.

#### **7.4 As conclusões possíveis**

Globalmente consideramos que os resultados revelaram a facilidade com que a generalidade dos alunos se adaptou às interfaces e resolveu a maioria dos problemas atingindo normalmente o patamar de autonomia antes dos trinta minutos nos diversos níveis estabelecidos.

Ao nível da realização da tarefa, a análise efectuada, conduziu-nos a valores, para os dois grupos, superiores a 70% com o *3D Studio MAX* e 60% com o *SolidWorks*. O projecto proposto não era complexo em termos de modelação 3D mas a disposição espacial dos elementos exigia muita manipulação dinâmica e visualização. Nenhum aluno desistiu da tarefa e todos concluíam se tivessem mais tempo. A este nível o desempenho do grupo DG foi melhor com o *3D Studio MAX* e o grupo DP com o *SolidWorks*.

Como já referimos, a multiplicidade de interacções presentes numa aplicação de projecto 3D, obrigou-nos a efectuar para cada aplicação estudos diferenciados (construção, modificação, manipulação e visualização) que conduziram a tipos de autonomia distintos. As curvas resultantes dos dados obtidos revelam, para os dois grupos, uma evolução significativa nas competências dos alunos ao longo dos trinta minutos de tarefa. Com o *SolidWorks*, a evolução foi mais lenta, o que justificámos com uma maior complexidade na metodologia de construção. No entanto, atingido o patamar de autonomia, registaram-se progressões muito rápidas.

Comparámos os dois grupos em cada um dos níveis de autonomia com as duas aplicações não se registando assimetrias significativas. A diferença das interfaces, quanto a nós, não afectou de forma expressiva a curva de aprendizagem dos alunos.

Encontramos diferenças, que apesar de sensíveis, nos permitem concluir que o grupo de *design* gráfico se adaptou melhor à interface do *3D Studio MAX* em todos os níveis. Por outro lado, o modelo conceptual da interface do *SolidWorks* revelou-se mais adaptado ao grupo de *design* de produto. Apesar de admitirem dificuldades comuns a entrevista confirma a preferência dos alunos de *design* de produto pelo *SolidWorks* que reconhecem ter interiorizado mais facilmente a metodologia de construção. Os alunos de *design* gráfico realçaram as qualidades interactivas e de visualização do *3D Studio MAX* revelando mais dificuldades com o *SolidWorks*.

Não nos atrevemos a afirmar, consideramos este campo de investigação muito sensível, que o facto de haver motivações intrínsecas, eventualmente diferenciadas, em cada grupo originou modelos mentais distintos provocando nos alunos de *design* gráfico, normalmente mais criativos<sup>121</sup>, capacidades cognitivas que lhes permitem apreender melhor uma interface concebida para projectos de modelação mais flexíveis e criativos. O mesmo para os alunos de *design* de produto “condicionados” pelo trinómio forma-função-ergonomia tornando-os mais objectivos logo formando um modelo mental adequado para uma interface mais estruturada que exige mais capacidades para a resolução de problemas como o *SolidWorks*.

Este grupo com cerca de trinta alunos não pertencerá na sua totalidade à geração de “nativos digitais” da teoria radical de Prensky (2001)<sup>122</sup> mas acreditamos que na experiência proposta encontraram os ingredientes que proporcionaram o desafio de descobrir para construir. A naturalidade com que encararam o funcionamento dos periféricos (manipulação do rato) e a familiaridade com as respostas às acções no ecrã decerto provocaram a sensação de domínio e controlo conducente às motivações essenciais para a aprendizagem.

O facto de considerarmos a experiência positiva em termos de aprendizagem, olhando os níveis de execução da tarefa que traduzem uma consecução na ordem dos 75% leva-nos a justificar o facto com o texto de Bidarra (op cit.) ao afirmar que o

---

<sup>121</sup> Discussão interessante mas que transcende o âmbito deste estudo.

<sup>122</sup> PRENSKY, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon - NCB University Press, 9(5).

“...computador oferece um potencial motivacional muito forte como se depreende do êxito comercial dos jogos interactivos. Parece-nos que ao estimular os estudantes a ter curiosidade e a ganhar interesse por uma matéria, estando eles em pleno controlo da situação de aprendizagem, conseguem-se vantagens estratégicas relevantes de acordo com a teoria construtivista.” Do mesmo texto, a citação de Laurel (1993) “Direct, multi-sensory representations have the capacity to engage people intellectually as well as emotionally, to enhance the contextual aspects of information, and to encourage integrated, holistic responses...” Traduz uma possível resposta para o sucesso destes alunos que pela primeira vez contactavam com estas interfaces que funcionaram como mediadoras da aprendizagem das aplicações de projecto por computador.

Voltando a Norman (op. cit.) consideramos ainda que o ambiente educacional gerado pelo *design* das interfaces gráficas destas aplicações promove grande intensidade de interacção e *feedback*, estabelece metas específicas com procedimentos estabelecidos, exige trabalho directo na tarefa conjugado com técnicas “interactivas” de ajuda e recursos em linha facilita a aquisição de competências de auto-aprendizagem fundamentais na aprendizagem ao longo da vida.

Seria interessante aplicar a metodologia deste caso a níveis de ensino mais profissionalizantes ou com alunos menos “nativos digitais” e mais “imigrantes digitais” na terminologia de Prensky (op. cit.). Decerto que os resultados seriam diferentes mas a interface será sempre, quanto a nós, neste campo, uma ferramenta educacional de apoio fundamental e terá de ser encarada na definição das estratégias de ensino que resultem numa redução do tempo de aprendizagem e facultem as competências de auto-aprendizagem essenciais para a proficiência exigida nestas tecnologias.

## BIBLIOGRAFIA



## **BIBLIOGRAFIA**

BEIRA, E., & HEITOR, M. (2004). Memórias das tecnologias e dos sistemas de informação. Braga: Associação Industrial do Minho.

BEIRA, E., & MENEZES, J. (2001). Inovação e indústria de moldes em Portugal: a introdução do CAD/CAM/CAE nos anos 80. Mercados e negócios: Dinâmicas e estratégias (6b).

BIDARRA, J. (2005). O Construtivismo e os Processos da Comunicação (pp. Documento de apoio à disciplina de Concepção de Hiperespaços para Aprendizagem do Curso Pós-Graduado em Comunicação Educacional Multimédia). Lisboa: Universidade Aberta.

BIDARRA, J. (2005). Os Diversos Estilos de Aprendizagem (pp. Documento de apoio à disciplina de Concepção de Hiperespaços para Aprendizagem do Curso Pós-Graduado em Comunicação Educacional Multimédia). Lisboa: Universidade Aberta.

CLEMONS, S. (2006). Constructivism pedagogy drives redevelopment CAD course, The Technology Teacher.

DAM, A. V. (1997). Post-Wimp User Interfaces. Communications of the ACM, 40(2).

DISESSA, A. (2000). Changing Minds. Computers, Learning, and Literacy Cambridge: MIT Press.

ENGELBART, D. (1962). Augmenting de Human Intellect: A Conceptual Framework. Menlo Park, California: Stanford Research Institute.

FOLEY, J. D., DAM, A. V., FEINER, S. K., & HUGHES, J. F. (1996). Computer Graphics: Principles and Practice, 2nd Edition in C: Addison Wesley Professional.

GAGNÉ, R., BRIGGS, L., & WAGER, W. (1992). Principles of Instructional Design HBJ

College Publishers.

HAMADE, R. F., ARTAIL, H. A., & JABER, M. Y. (2005). Evaluating the learning process of mechanical CAD students. *Computers & Education*, 49, 640-661.

HORNBAEK, K. (2005). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *Human-Computer Studies*, 64, 79-102.

JAKOB NIELSEN, R. M. (1990). Heuristic Evaluation of User Interfaces. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems

Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people Seattle, Washington, United States.

JOLLY, M. (1999). Introdução à análise da imagem. Lisboa: Edições 70.

JONASSEN, D. H., & ROHER-MURPHY, L. (1999). Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *ETR&D*, 47(1), 61-79.

KRULL, F. N. (1994). The Origin of Computer Graphics within General Motors. *IEEE Annals of the History of Computing*, 16(3).

LAUREL, B. (1993). *Computers as Theatre*. Massachusetts: Addison-Wesley.

LAUREL, B., & MOUNTFORD, S. J. (1990). *The Art of human-computer interface design*. Boston, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.

LÉVY, P. (1994). *As Tecnologias da Inteligência*. Lisboa: Instituto Piaget.

LÉVY, P. (1995). *Ideografia Dinâmica*. Lisboa: Instituto Piaget.

LIN, H., CHOONG, Y.-Y., & SALVENDY, G. (1997). A proposed index of usability: a method for comparing the relative usability of different software systems. *Behaviour & Information Technology*, 16(4/5), 267-278.

LUO, D. (2005). Using Constructivism as a teaching model for computer science. *The China Papers*.

MAGER, R. F. (1984). Preparing instructional objectives (Rev. 2nd ed.). Belmont, CA: Lake.

MANDEL, T. (1997). The elements of user interface design. New York: Wiley.

MANOVICH, L. (2001). The language of new media. Cambridge, Mass.: MIT Press.

MITTA, D., & FLORES, P. (1995). User productivity as a function of AutoCAD interface design. *Applied Ergonomics*, 26(6), 387-395.

MOGGRIDGE, B. (2006). Designing Interactions. Cambridge, Mass.: MitPress.

MORGADO, L. (1996). O lugar do hipertexto na aprendizagem: alguns princípios para a sua concepção, 1º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo. Costa da Caparica.

MULLET, K., & SANO, D. (1995). Designing visual interfaces : communication oriented techniques. Englewood Cliffs, NJ: SunSoft Press.

NEGROPONTE, N. (1995). Being digital (1st ed.). New York: Knopf.

NIELSEN, J. (1993). How to Conduct a Heuristic Evaluation, from [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_evaluation.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html)

NIELSEN, J. (1993). Noncommand user interfaces. Paper presented at the Communications of the ACM, New York.

NIELSEN, J. (1993). Usability engineering. Boston ; London: Academic Press.

NIELSEN, J., & MOLICH, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people Seattle, Washington, United States

NORMAN, D. (1993). Things that Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine. New York: Addison-Wesley.

- NYAN, B. (1996). Desenvolver a capacidade de aprendizagem das pessoas: Comissão Europeia.
- PAPERT, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York.
- PAPERT, S. (1993). *The Children's Machine*. New York: Basic Books.
- PERAYA, D. (1995, 03-10-2006). Vers une theorie des paratextes:images mentales et images materielles, from <http://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/peraya-papers/rec4.pdf>
- PERAYA, D. (1996). Entendre, voir, comprendre. Retrieved 3-10-2006, 2006, from <Http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/staf13/mod-1/perception/st13-1-1-96.html>
- PONTE, J. (1986). *O computador - um instrumento de educação*. Lisboa: Texto Editora.
- POWERS, K. D., & POWERS, D. T. (1999). Making Sense of Teaching Methods in Computing Education. Paper presented at the Frontiers in Education Conference.
- PRENSKY, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon - NCB University Press*, 9(5).
- REEVES, T. C. (1998). The impact of media and technology in schools – A research report prepared for the Bertelsmann Foundation: The University of Georgia.
- SANTOS, R. L. (2000). *Ergonomização da Interação Homem-Computador - Abordagem Heurística para Avaliação da Usabilidade de Interfaces*. Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SCAPIN, D., & BASTIEN, C. (1993). Critères ergonomiques de Scapin et Bastien, from <http://www.ergoweb.ca/criteres.html>
- SHNEIDERMAN, B. (1998). *Designing the User Interface*: Reading, MA: Addison-Wesley
- SKINNER, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*. New Jersey Prentice Hall College Div
- SOUZA, C. S. D. (2005). The semiotic engineering of human-computer interaction.

Cambridge, Mass.: MIT Press.

SOUZA, C. S. D., LEITE, J. C., PRATES, R. O., & BARBOSA, S. D. J. (1999). Projeto de Interfaces de Usuário - Perspectivas Cognitivas e Semióticas. Paper presented at the Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro.

SQUIRES, D., & PREECE, J. (1999). Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with Computers*, 11, 467-483.

STONE, D., JARRET, C., WOODROFFE, M., & MINOCHA, S. (2005). User interface design and evaluation. San Francisco: Morgan Kaufmann ,Elsevier Science.

SUTHERLAND, I. E. (2003). Sketchpad: A man-machine graphical communication system. Cambridge: University of Cambridge.

SVANÆS, D. (2000). Understanding Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Trondheim: Computer Science Department.

SWAN, K. (2005). A Constructivist Model for Thinking About Learning Online, In J. Bourne & J. C. Moore (Eds),

TAYLOR, R. (1980). The computer in the school - Tutor, Tool, Tutee. New York: Teachers College Press.

TRACTINSKY, N., KATZ, A. S., & DICAR. (2000). What is Beautiful is Usable. *Interacting with computers*, 13, 127-145.

TURRÓ, M. R. (2005). Evolución y tendencias en la interacción persona-ordenador. *El profesional de la información*, 14(6), 414-422.

WALKER J. (1988) Through the Looking Glass -from  
[http://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2\\_69.html#lglass](http://www.fourmilab.ch/autofile/www/chapter2_69.html#lglass)

WHITESIDE, J., JONES, S., LEVY, P., & WIXON, D. (1985). User performance with command, menu and iconic interfaces. Paper presented at the In Proceedings of the

Conference of Human Factors in Computer Systems, New York.

WIEBE, E. (2003). Transfer of Learning Between 3D Modeling Systems. *Engineering Design Graphics Journal*, 67(3), 15-28.

WINOGRAD, T. (1996). *Bringing Design to Software*. Stanford: Addison-Wesley.





## ANEXOS

ANEXO A

QUESTIONÁRIO SOBRE

PERCURSO CURRICULAR

E LITERACIA INFORMÁTICA



## Questionário sobre percurso curricular e literacia informática

### Identificação do aluno

Nome: \_\_\_\_\_ Nº: \_\_\_\_\_

Curso: DI:  ; DTC:  ; DTG:  ; DTM:

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: M:  ; F:

### 1. Percurso curricular na área do desenho:

a) Área de estudos no Ensino Secundário: \_\_\_\_\_

b) Concluiu disciplina de Matemática? Sim  ; Não

c) Concluiu disciplina de Geometria Descritiva? Sim  ; Não  ; Não tem

d) Extra curso fez acções de formação na área do desenho? Sim  ; Não

### 2. Percurso curricular na área de informática:

a) Frequentou disciplinas de TIC no Ensino Secundário? Sim  ; Não

b) Concluiu a disciplina de Introdução à Informática? Sim  ; Não

c) Que programas informáticos usa normalmente:

Processador de texto:

Folha de Cálculo:

Desenho vectorial:

Edição de Imagem:

Outros:  Quais: \_\_\_\_\_

---

### 3. Percurso curricular na área do projecto por computador:

a) Frequentou disciplinas da área do projecto 2D ou 3D no Ensino Secundário?

Sim  ; Não

b) Extra curso fez acções de formação na área do projecto por computador?

Sim  ; Não

### 4. Utilização da Internet:

a) Costuma utilizar a Internet? Frequentemente:

Às vezes:

Nunca:

b) Com que fim? Pesquisar:  Compras:  Jogar:  Email:  Conversar:  Outro:

Qual: \_\_\_\_\_

Obrigado

ANEXO B

GUIÃO DA ENTREVISTA



Identificação do aluno:

Encontrou diferenças entre estas 2 aplicações e as outras que conhecia (*Word, Photoshop, Freehand, etc.*)?

Antes do teste já tinha alguma experiência em aplicações 3D?

Em que aplicações?

---

**Entrevista sobre o teste de interfaces - *3D Studio MAX***

Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) do *3D Studio MAX*?

No *3D Studio Max* enumere alguns aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto (menus, ícones, painéis, teclas do rato, etc.)

Enumere algumas das dificuldades durante o desenvolvimento (construção do modelo) do projecto:

Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?

Tente explicar porquê:

Sentiu que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto?

Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto inicial?

Gostou de trabalhar com o *3D Studio MAX*?

Enumere alguns aspectos de que tivesse gostado especialmente na interface do *3D Studio MAX*:

### **Entrevista sobre o teste de interfaces - *SolidWorks***

Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) do *SolidWorks*?

No *SolidWorks* enumere alguns aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto (menus, ícones, painéis, teclas do rato, etc.)

Enumere algumas das dificuldades durante o desenvolvimento (construção do modelo) do projecto:

Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?

Tente explicar porquê:

Sentiu que ia dominando a interface à medida que avançava no projecto?

Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto inicial?

Gostou de trabalhar com o *SolidWorks*?

Enumere alguns aspectos de que tivesse gostado especialmente na interface do *SolidWorks*:

---

Comentários:

ANEXO C

GRELHA CESIG

(Caracterização da Estrutura Semiótica das Interfaces  
Gráficas)



## Caracterização da Estrutura Semiótica da Interface Gráfica do SolidWorks

		Adequado	+-	Inadequado	N/A	Comentário
Ecrã Global	Clareza do ecrã	X				
	O número de cores no ecrã	X				
	Consistência do uso funcional das cores		X			
	Elementos gráficos utilizados	X				
	Contraste entre gráficos e fundo	X				
	Integração e coerência dos diversos elementos gráficos	X				
Menus	Disposição dos menus no ecrã principal	X				
	Consistência de submenus	X				
	Consistência dos menus flutuantes	X				
	Operacionalidade dos menus flutuantes	X				
	Adaptação dos menus flutuantes ao contexto	X				
Barras de ferramentas	Disposição das barras de ferramentas	X				
	Dimensão das barras de ferramentas		X			
	Capacidade de ajuste das barras de ferramentas	X				
Janelas de diálogo	Legibilidade das janelas de diálogo flutuantes	X				
	Dimensão das janelas de diálogo flutuantes	X				
	Capacidade de ajuste das janelas de diálogo flutuantes		X			
Espaço de trabalho	Espaço de trabalho para o desenvolvimento dos projectos	X				
	Capacidade de ajuste do espaço de trabalho	X				
Texto	Estilo das fontes de texto	X				
	Dimensão das fontes de texto	X				
	O texto e princípios da legibilidade	X				
	A cor do texto e princípios da legibilidade	X				
	Contraste entre texto e fundo		X			
Ícones gráficos	Legibilidade dos ícones gráficos	X				
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (concreção)	X				
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (distância semântica)		X			
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (familiaridade)	X				
	Reforço com texto dos ícones gráficos	X				

### Caracterização da Estrutura Semiótica da Interface Gráfica do 3D Studio MAX

		Adequado	+ -	Inadequado	N/A	Comentário
Ecrã Global	Clareza do ecrã		X			
	O número de cores no ecrã	X				
	Consistência do uso funcional das cores	X				
	Elementos gráficos utilizados	X				
	Contraste entre gráficos e fundo	X				
	Integração e coerência dos diversos elementos gráficos		X			
Menus	Disposição dos menus no ecrã principal	X				
	Consistência de submenus	X				
	Consistência dos menus flutuantes	X				
	Operacionalidade dos menus flutuantes	X				
	Adaptação dos menus flutuantes ao contexto	X				
Barras de ferramentas	Disposição das barras de ferramentas	X				
	Dimensão das barras de ferramentas	X				
	Capacidade de ajuste das barras de ferramentas	X				
Janelas de diálogo	Legibilidade das janelas de diálogo flutuantes	X				
	Dimensão das janelas de diálogo flutuantes	X				
	Capacidade de ajuste das janelas de diálogo flutuantes		X			
Espaço de trabalho	Espaço de trabalho para o desenvolvimento dos projectos	X				
	Capacidade de ajuste do espaço de trabalho	X				
Texto	Estilo das fontes de texto	X				
	Dimensão das fontes de texto	X				
	O texto e princípios da legibilidade	X				
	A cor do texto e princípios da legibilidade	X				
	Contraste entre texto e fundo		X			
Ícones gráficos	Legibilidade dos ícones gráficos	X				
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (concreção)	X				
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (distância semântica)		X			
	Consistência semiótica dos ícones gráficos (familiaridade)		X			
	Reforço com texto dos ícones gráficos	X				

ANEXO D  
ESTUDOS GRÁFICOS



# 1. ESTUDOS GRÁFICOS

## 1.1 Níveis de realização da tarefa

Percentagem de tarefa executada ao longo dos 30 minutos em períodos de 5 minutos.

### 1.1.1 Tabelas Síntese

**Quadro Anexo\_D- 1 – Tabela síntese – Nível de realização da tarefa - 3D Studio MAX – Grupo (DG)**

t/%	GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	40,0%	26,7%	26,7%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%	20,0%	46,7%	0,0%	20,0%	13,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	13,3%	20,0%	20,0%	6,7%	0,0%	0,0%
20	0,0%	0,0%	13,3%	6,7%	13,3%	26,7%	13,3%	13,3%	6,7%	6,7%
25	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	26,7%	26,7%	20,0%	0,0%	20,0%
30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	13,3%	33,3%	26,7%	20,0%

**Quadro Anexo\_D- 2 – Tabela síntese – Nível de realização da tarefa - 3D Studio MAX – Grupo (DP)**

t/%	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	46,7%	33,3%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	6,7%	26,7%	20,0%	26,7%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%	0,0%	26,7%	13,3%	20,0%	20,0%	13,3%	6,7%	0,0%	0,0%
20	0,0%	0,0%	6,7%	20,0%	20,0%	6,7%	13,3%	20,0%	13,3%	0,0%
25	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	13,3%	20,0%	20,0%	0,0%	20,0%	20,0%
30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	33,3%	6,7%	20,0%	20,0%

**Quadro Anexo\_D- 3 – Tabela síntese – Nível de realização da tarefa - SolidWorks – Grupo (DG)**

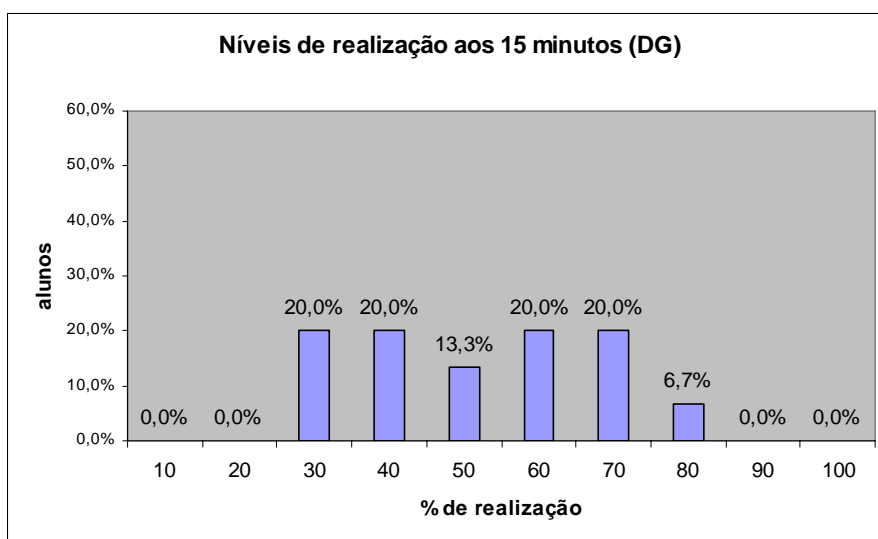
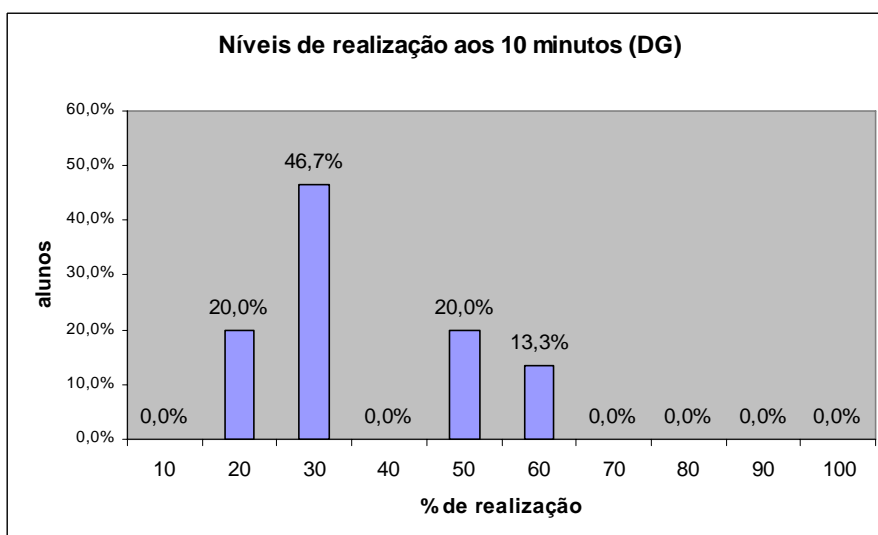
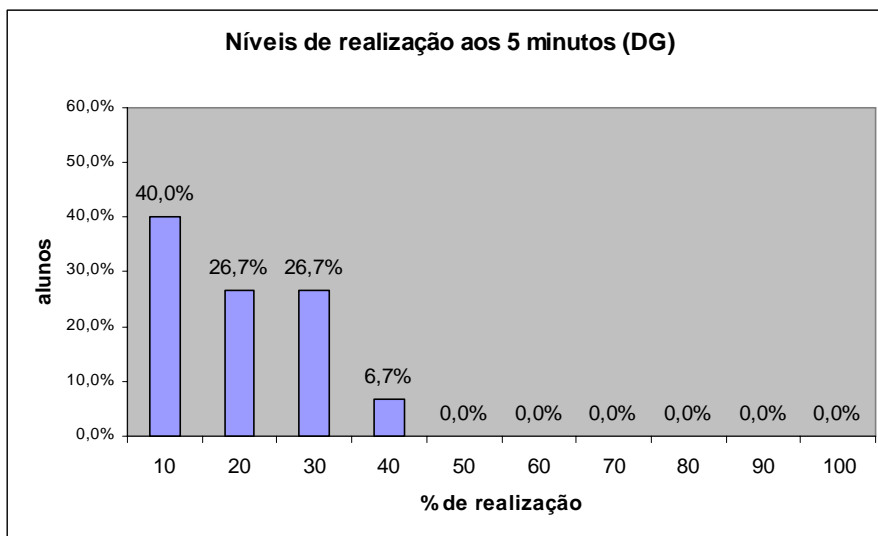
t/%	GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	61,5%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	23,1%	38,5%	30,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	0,0%	7,7%	61,5%	15,4%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	0,0%	7,7%	30,8%	7,7%	46,2%	0,0%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%
25	0,0%	0,0%	7,7%	7,7%	38,5%	30,8%	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%
30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	30,8%	46,2%	7,7%	15,4%	0,0%

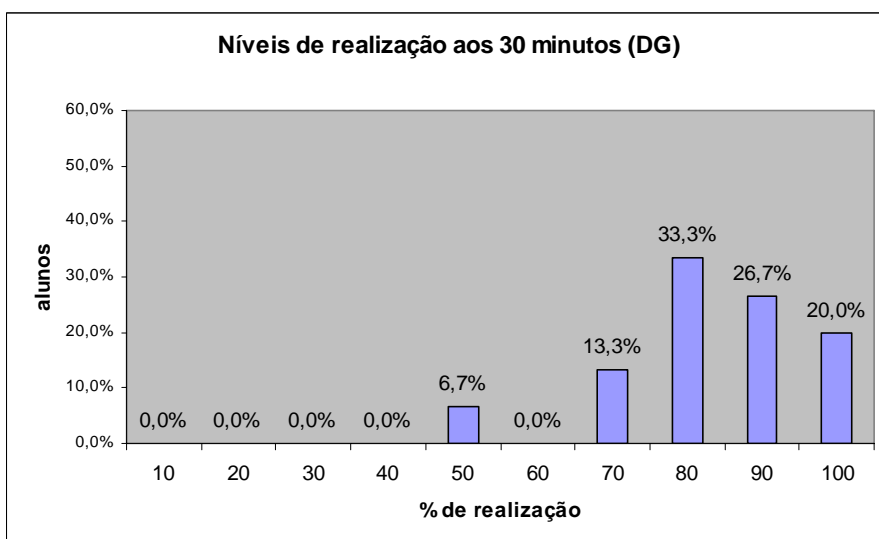
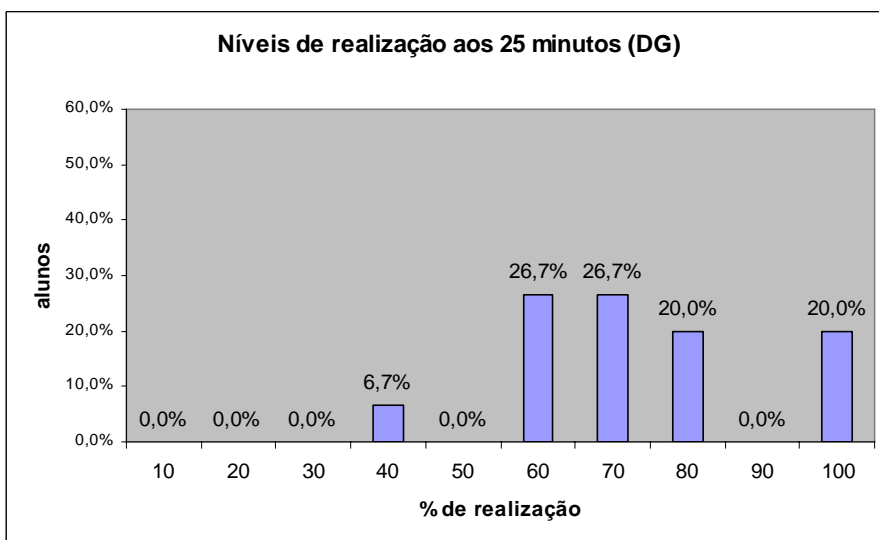
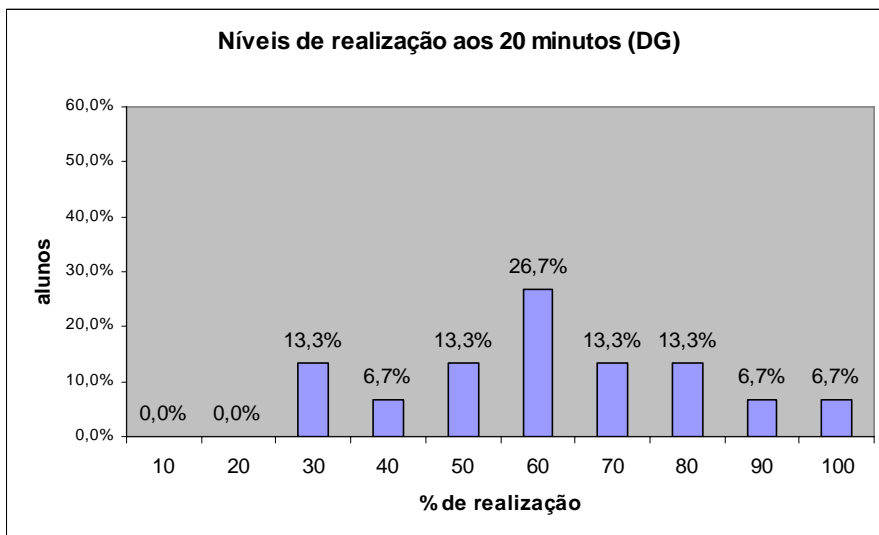
**Quadro Anexo\_D- 4 – Tabela síntese – Nível de realização da tarefa - SolidWorks – Grupo (DP)**

t/%	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	66,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	25,0%	58,3%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	8,3%	50,0%	33,3%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	8,3%	8,3%	16,7%	50,0%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
25	0,0%	8,3%	8,3%	8,3%	16,7%	41,7%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%
30	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	8,3%	8,3%	33,3%	16,7%

## 1.1.2 Nível de realização – estudo gráfico

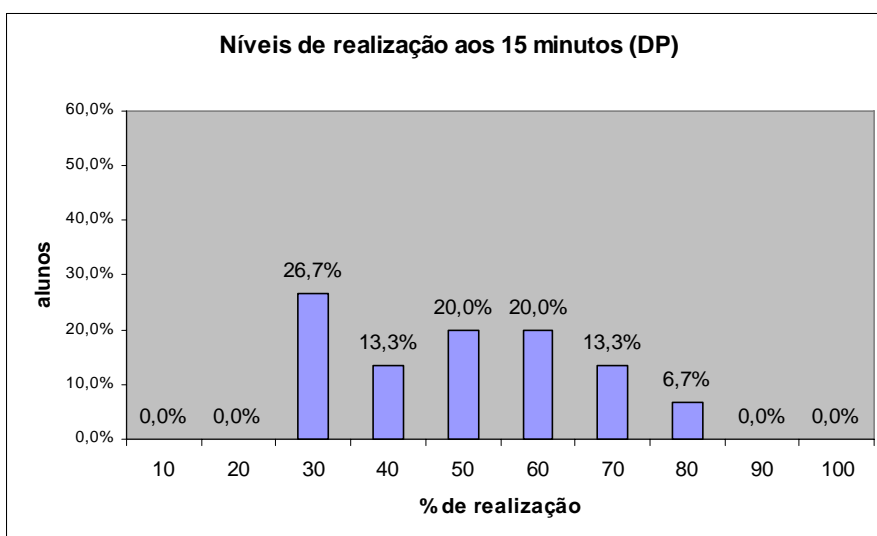
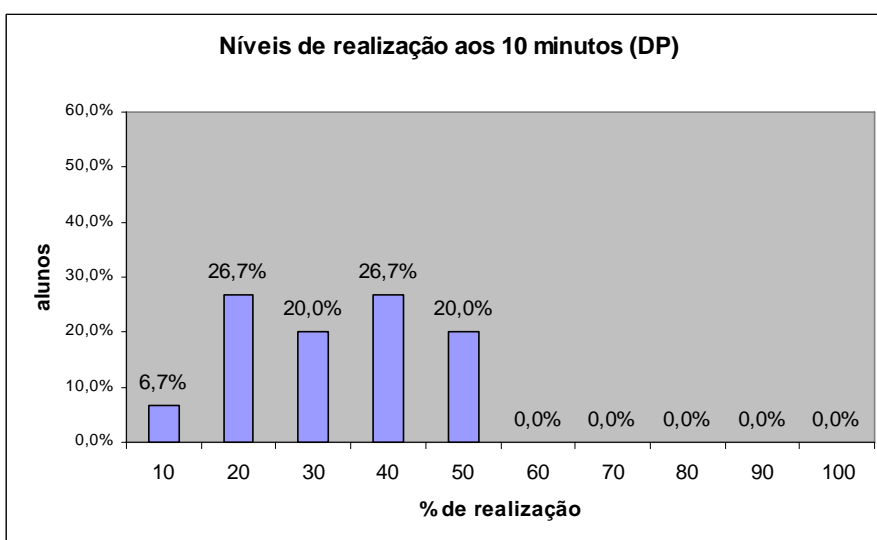
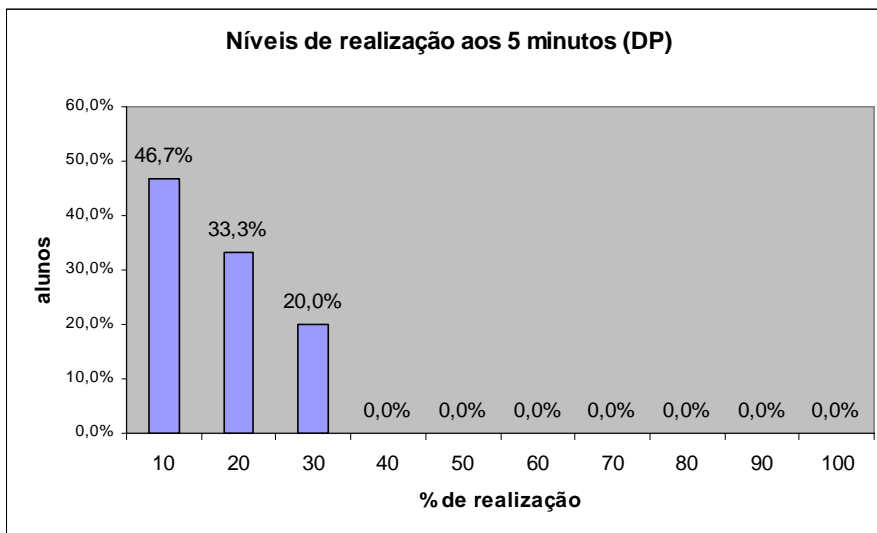
### 1.1.2.1 Grupo DG – 3D Studio MAX

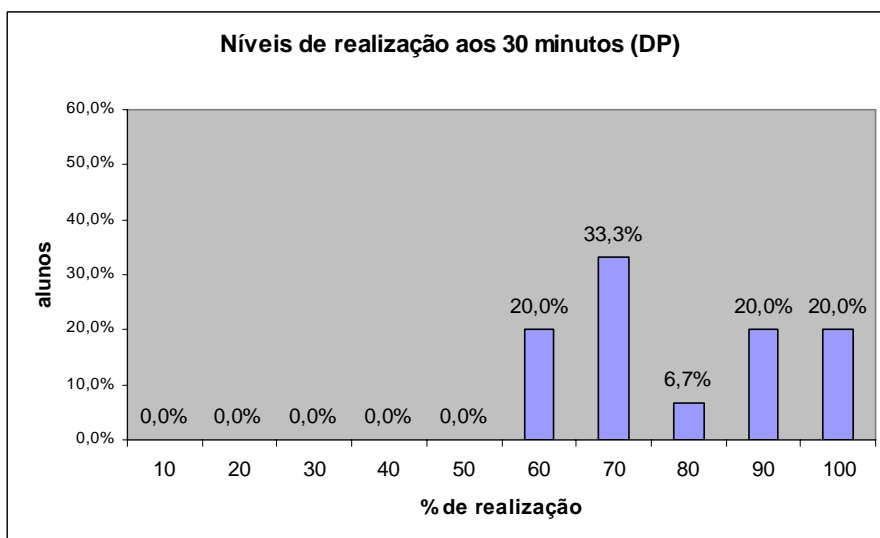
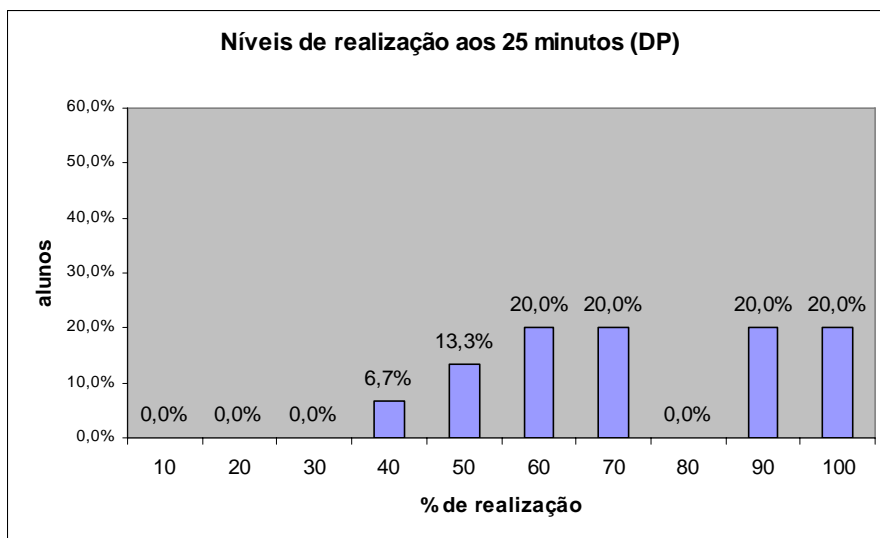
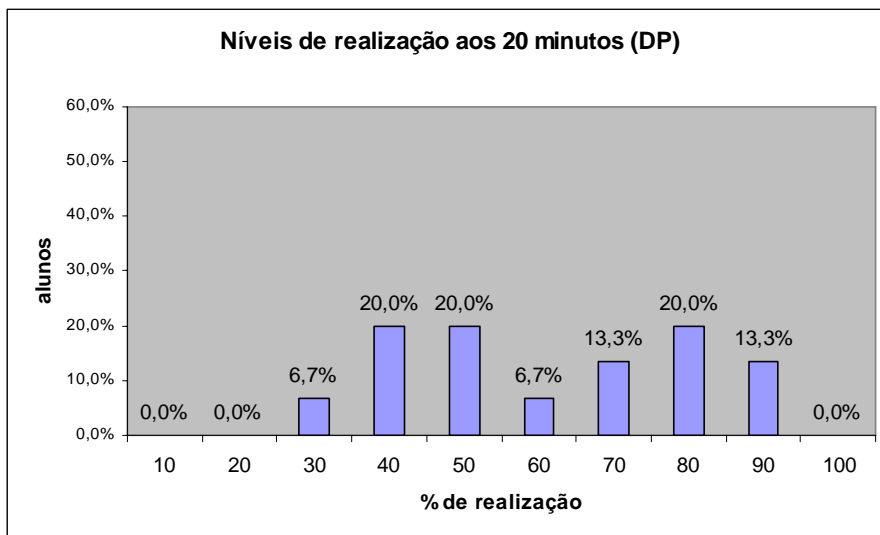




### 1.1.3 Nível de realização – estudo gráfico

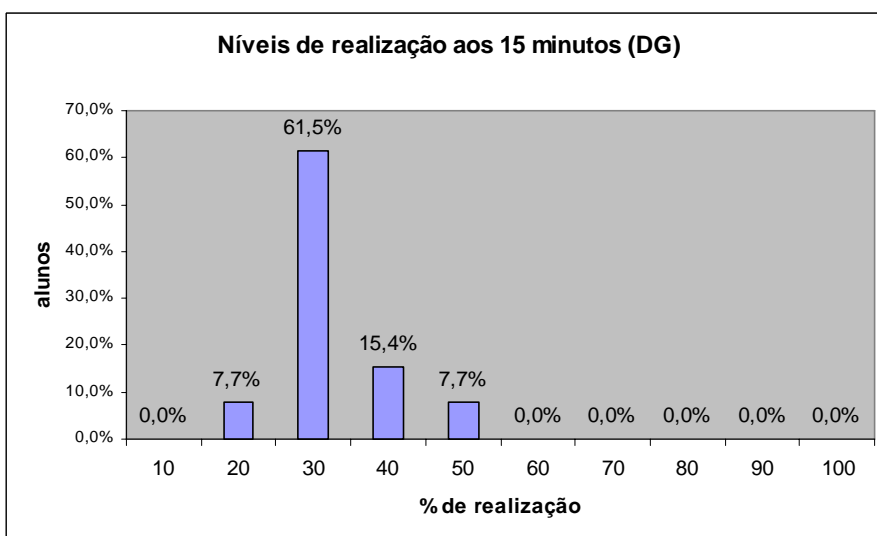
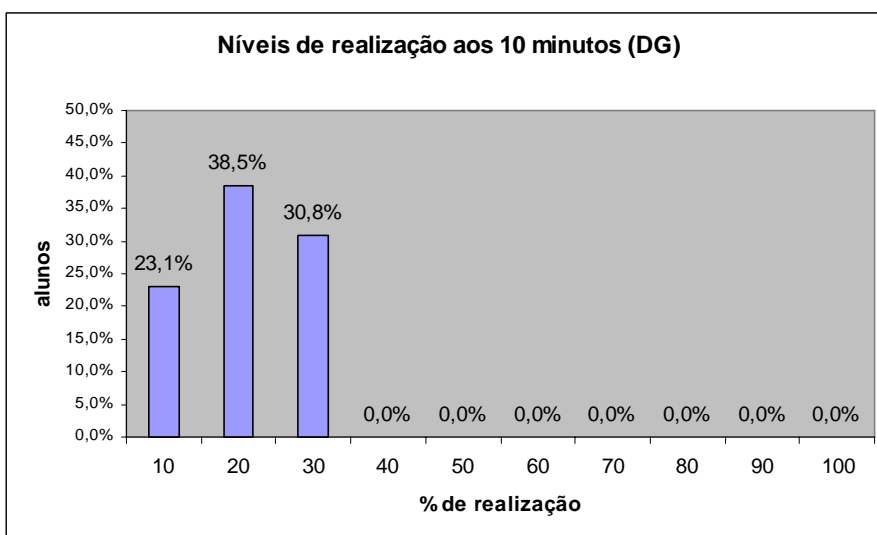
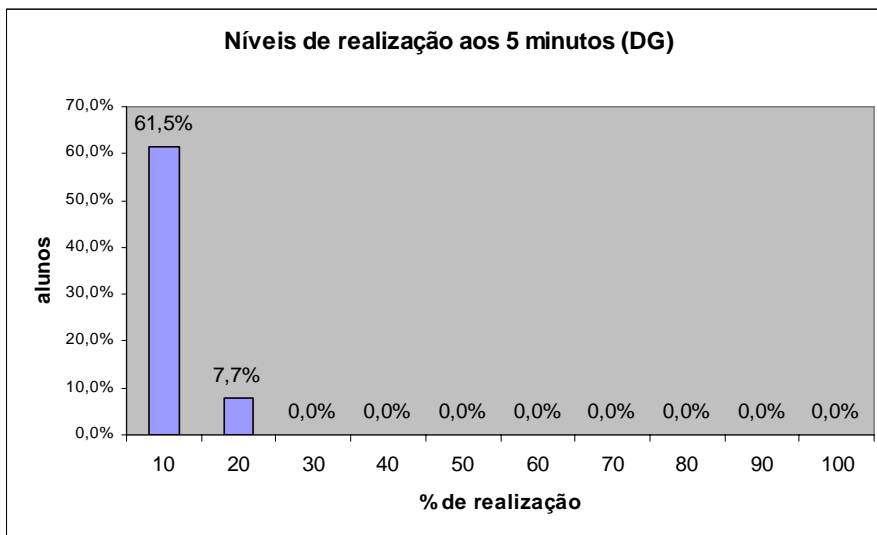
#### 1.1.3.1 Grupo DP – 3D Studio MAX

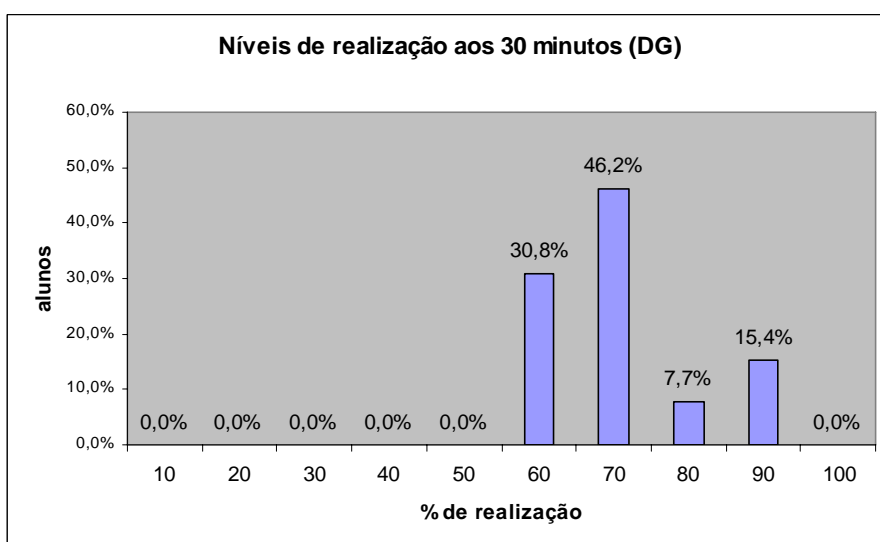
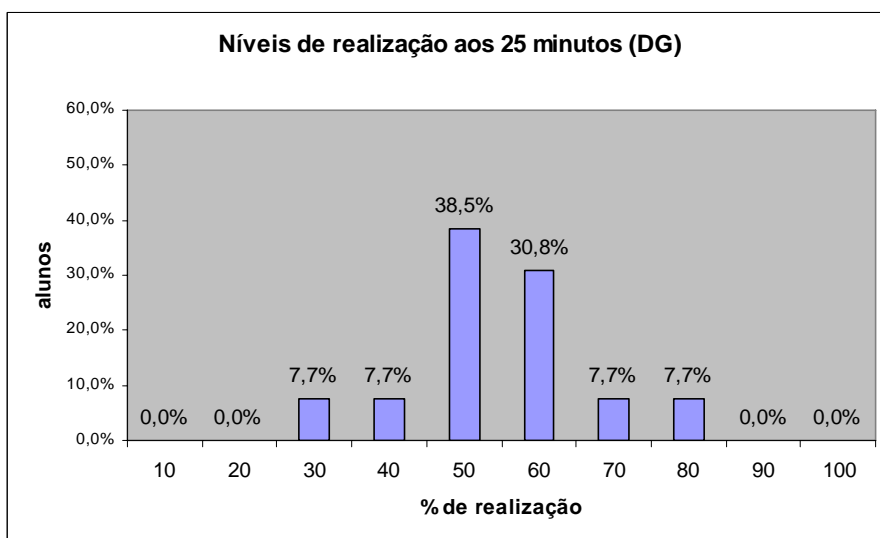
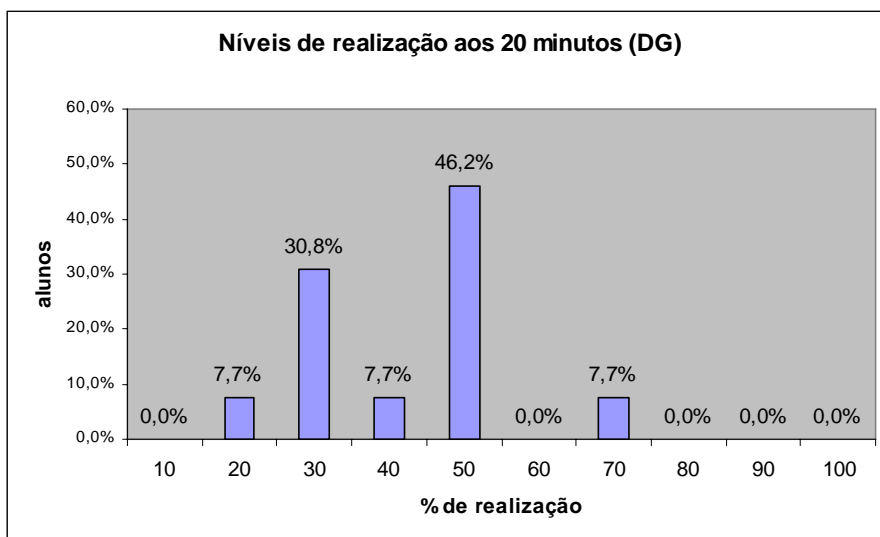




### 1.1.4 Nível de realização – estudo gráfico

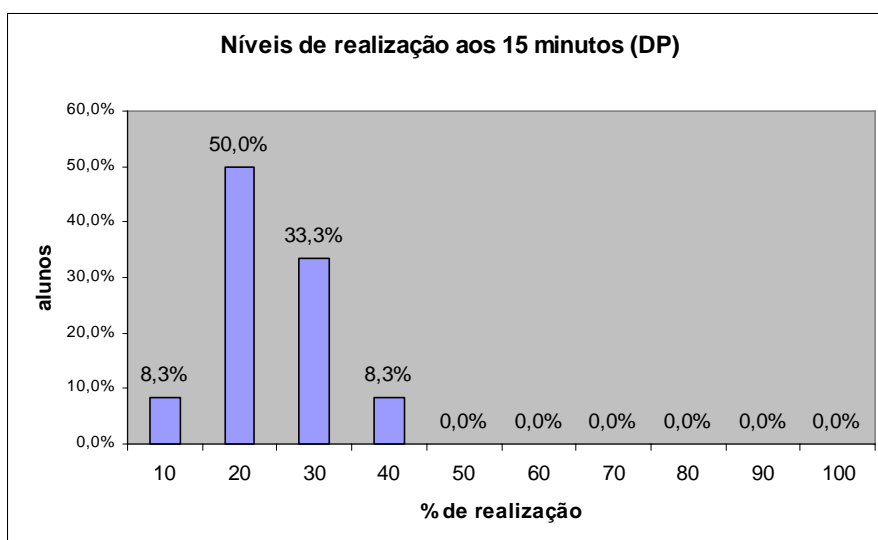
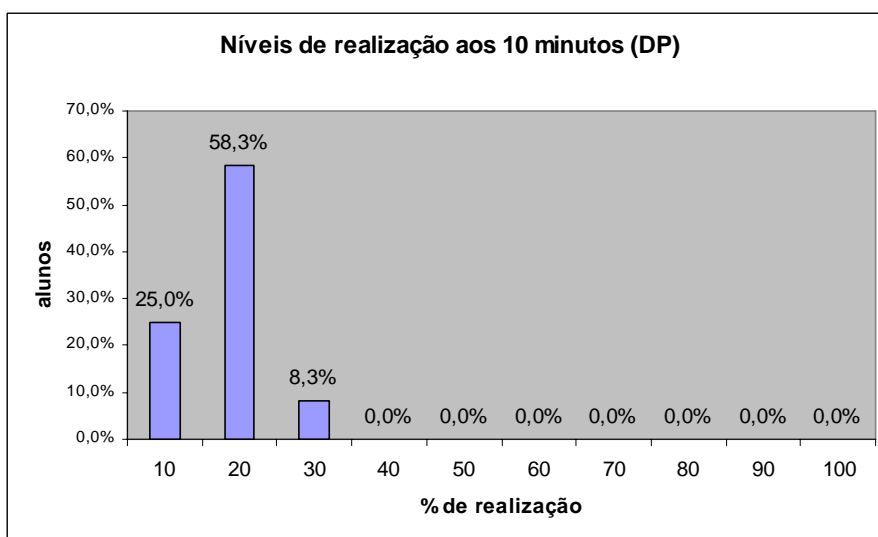
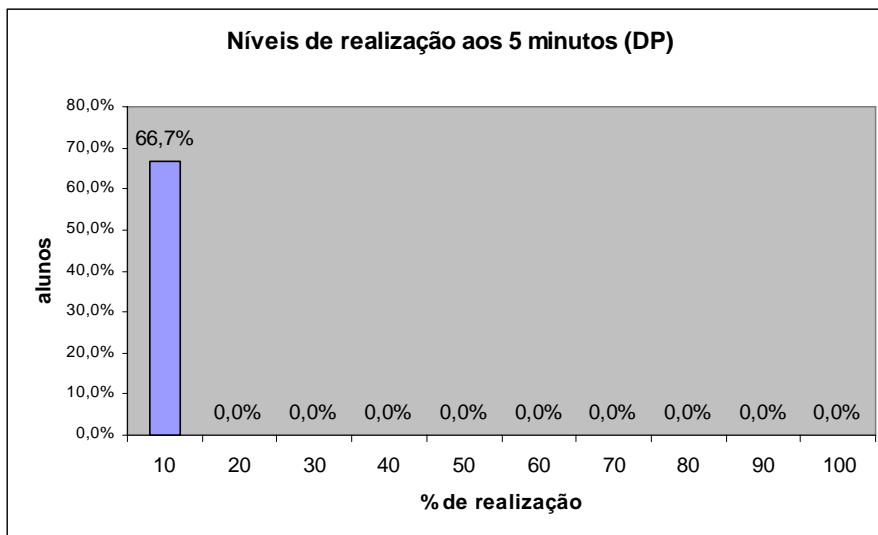
#### 1.1.4.1 Grupo DG – *SolidWorks*

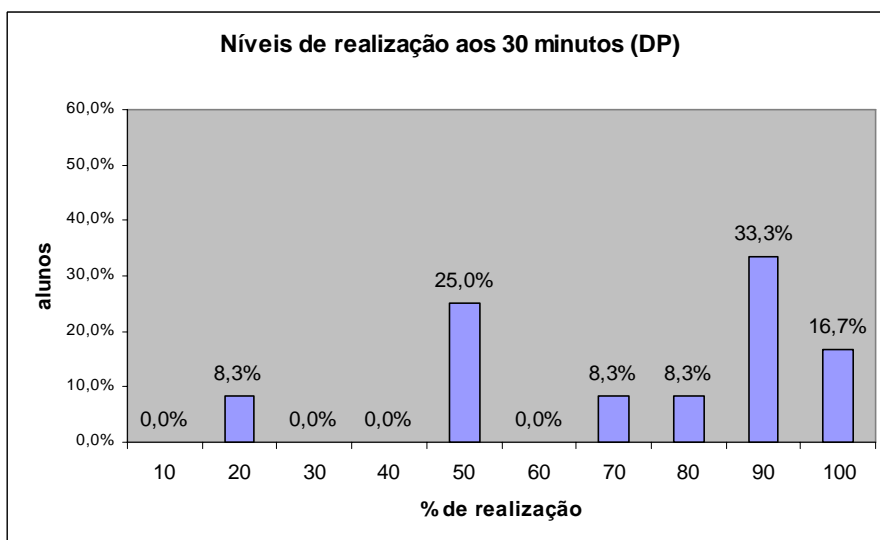
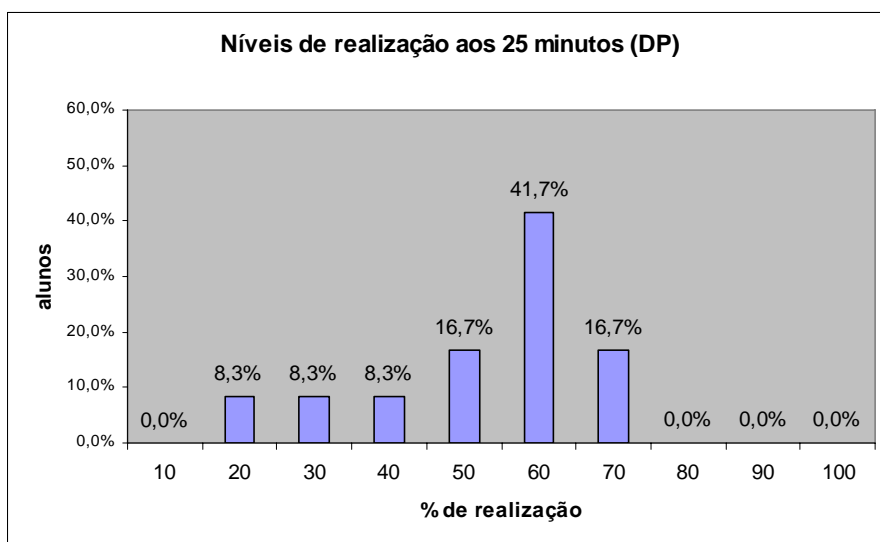
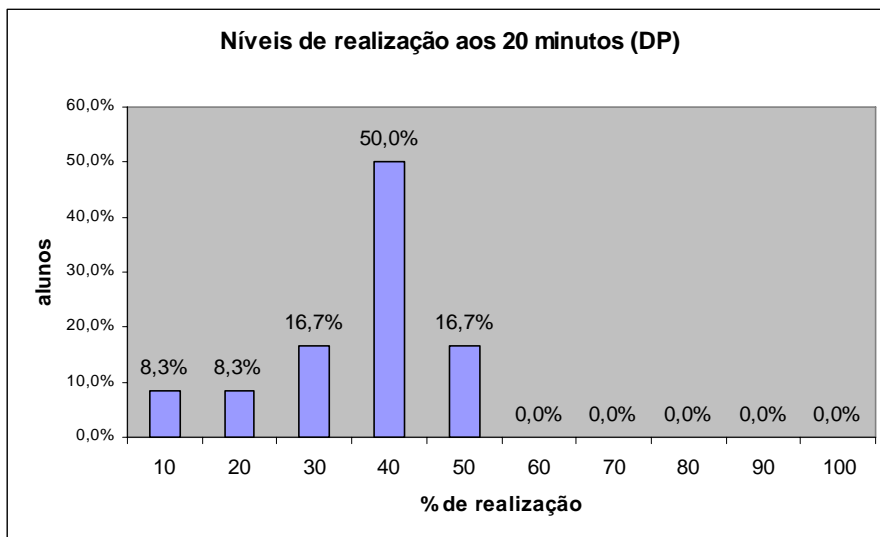




### 1.1.5 Nível de realização – estudo gráfico

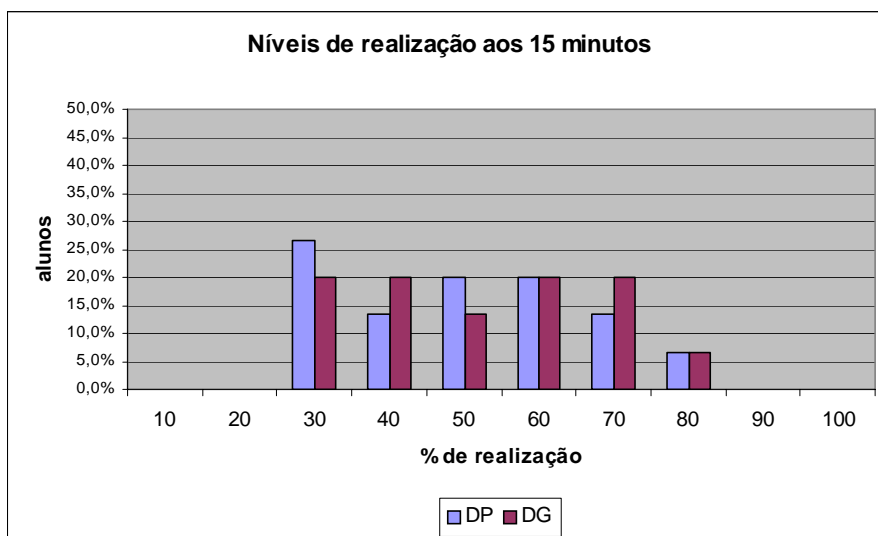
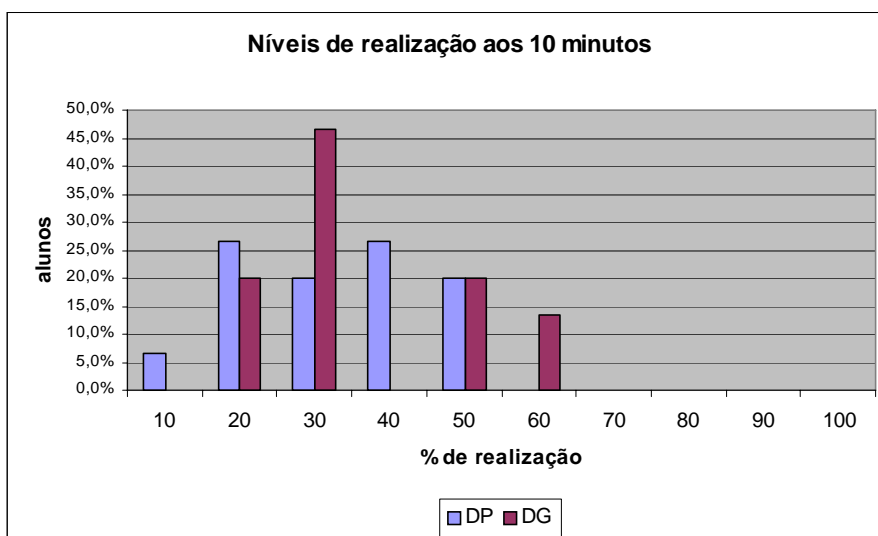
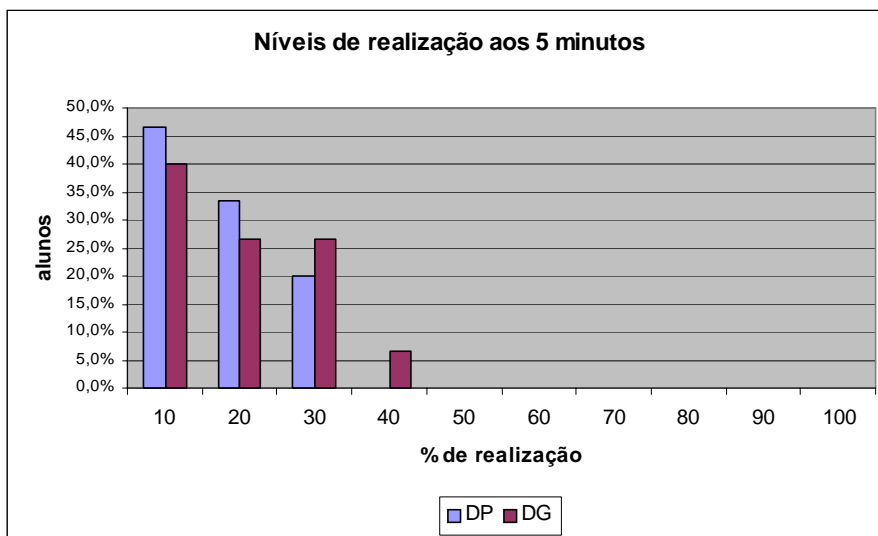
#### 1.1.5.1 Grupo DP – *SolidWorks*

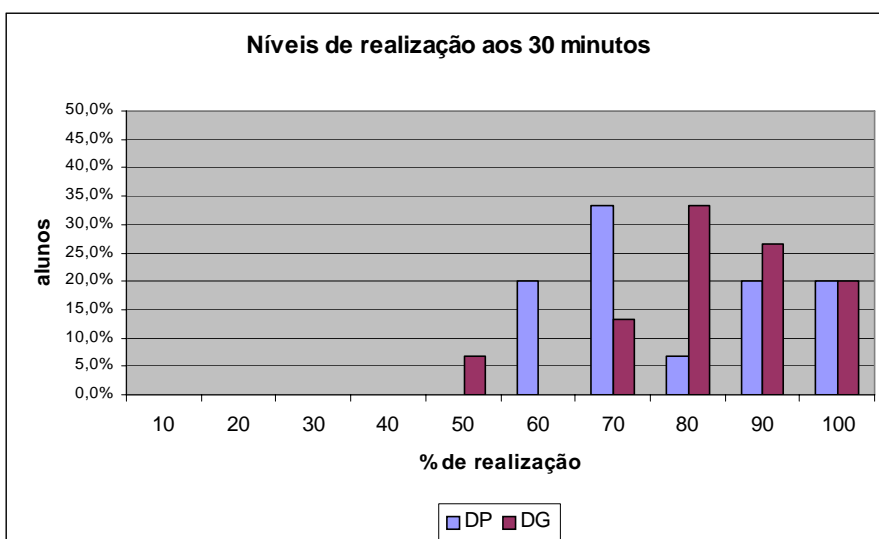
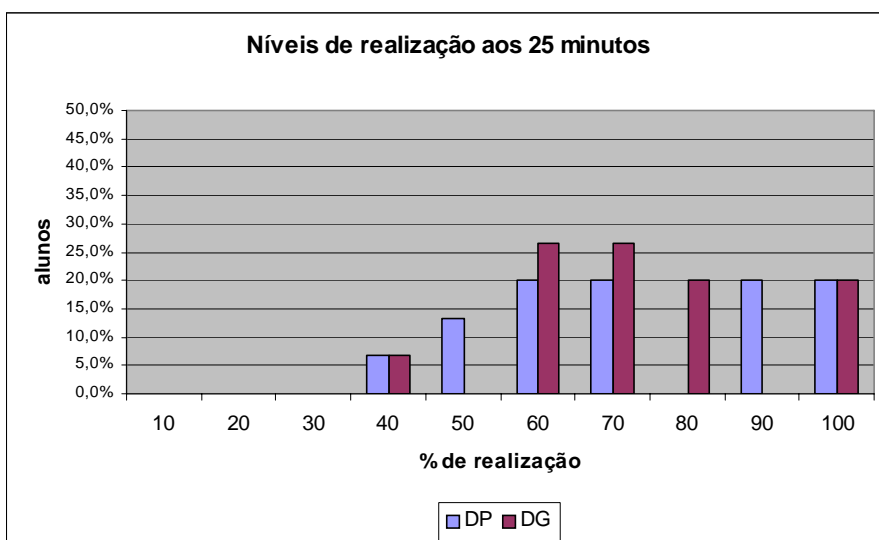
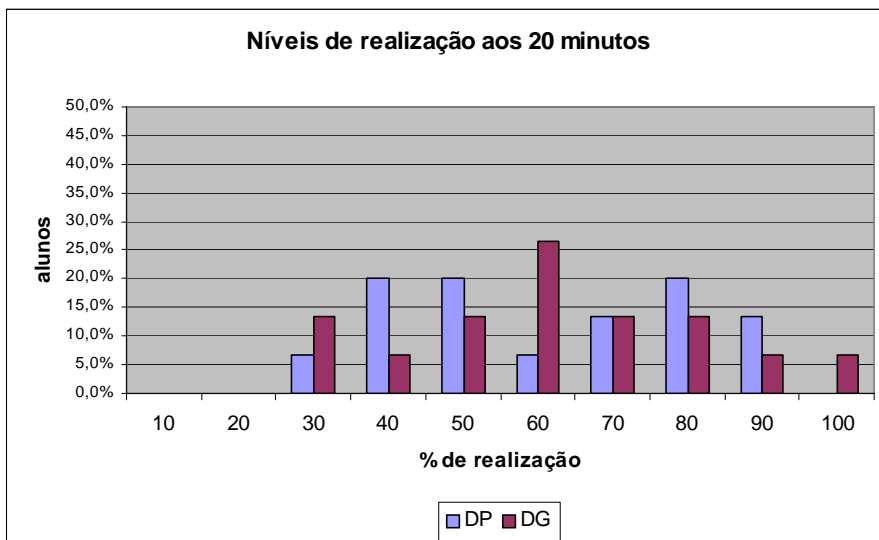




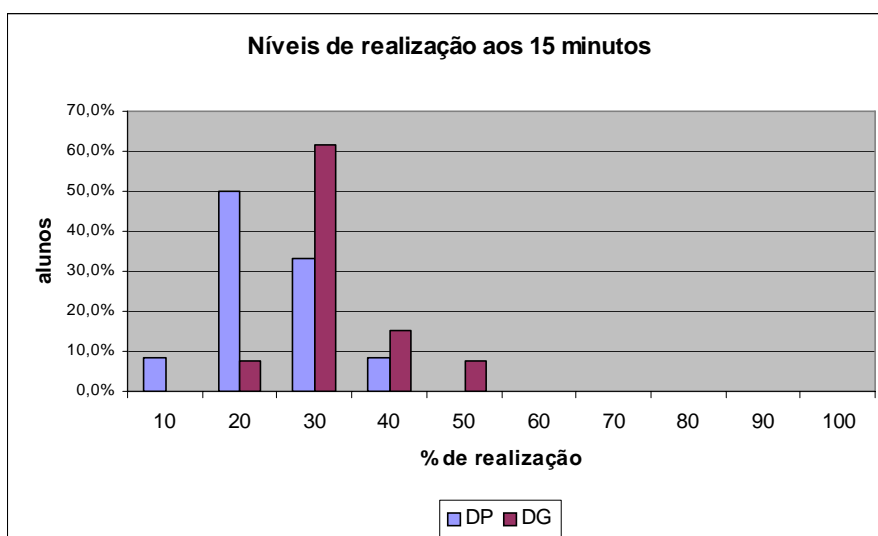
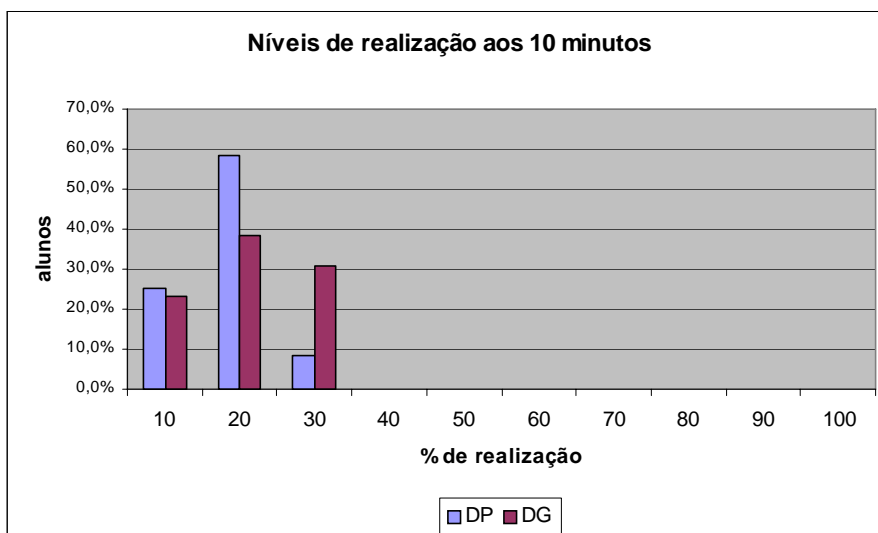
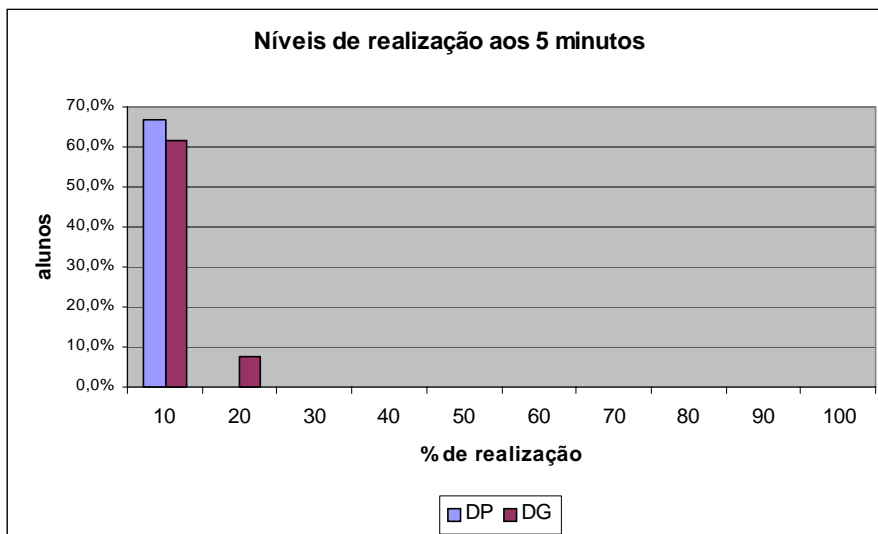
## 1.2 Nível de realização comparado (Grupos)

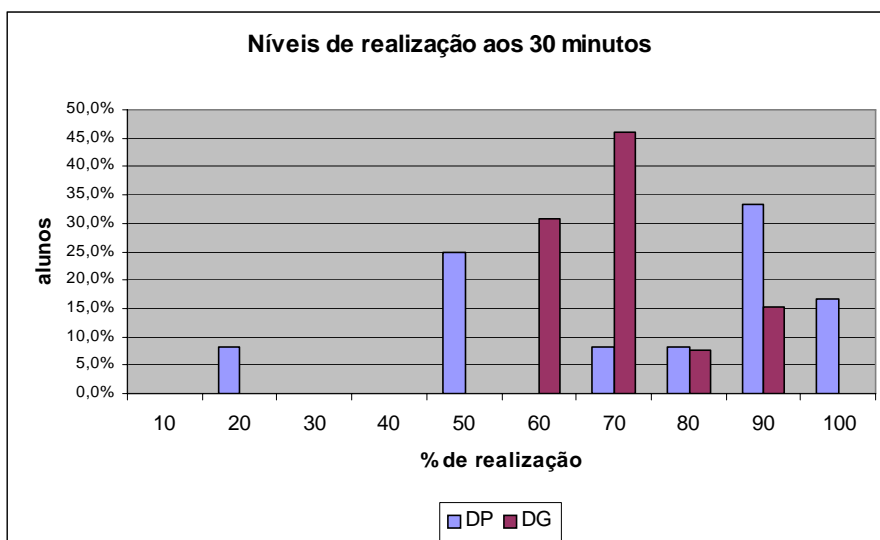
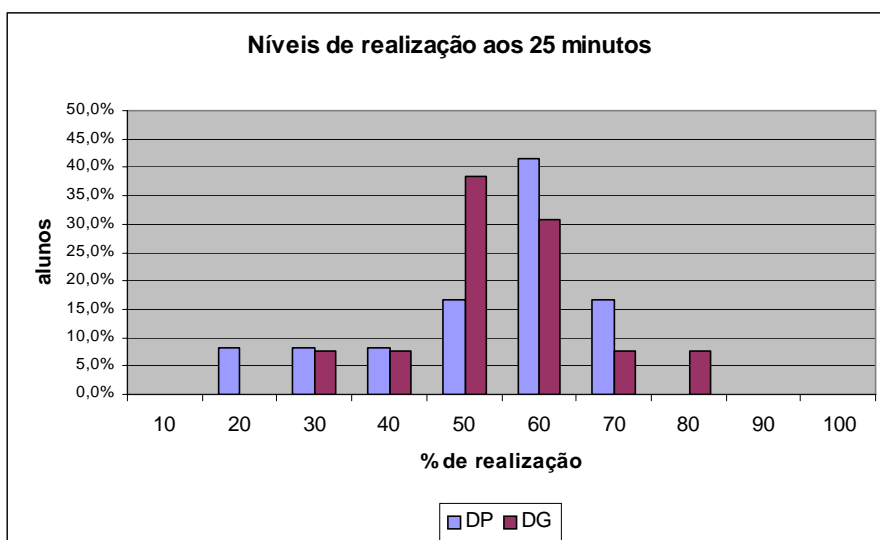
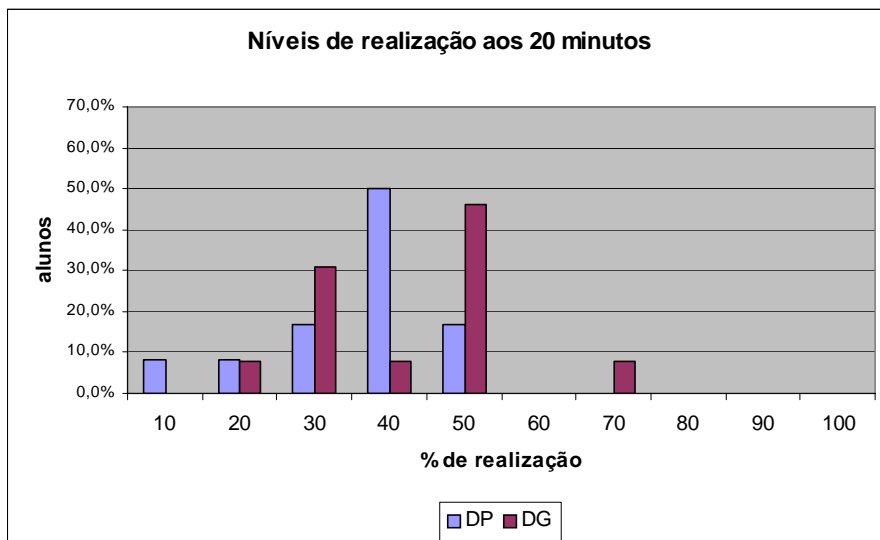
### 1.2.1 Níveis de realização com *3D Studio MAX*





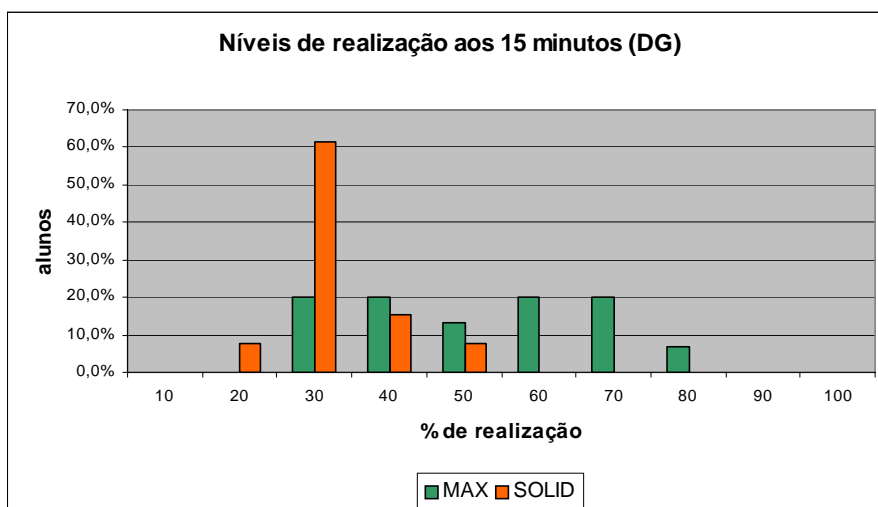
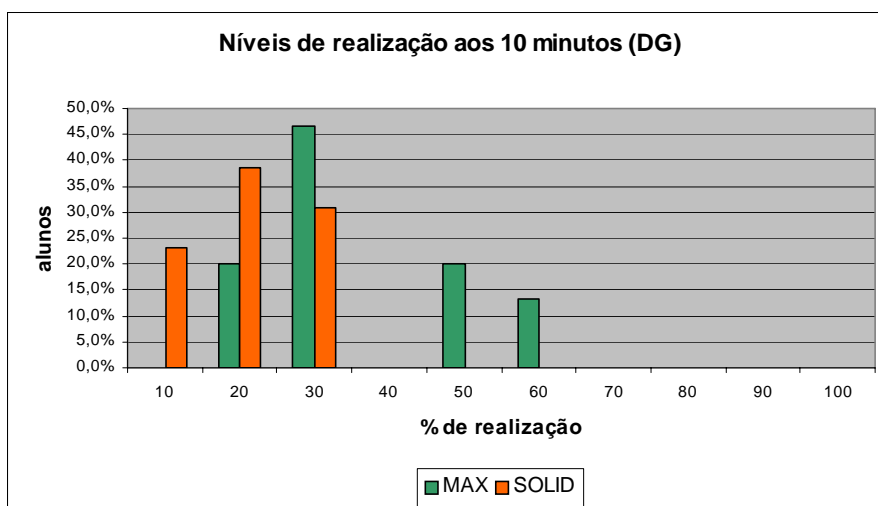
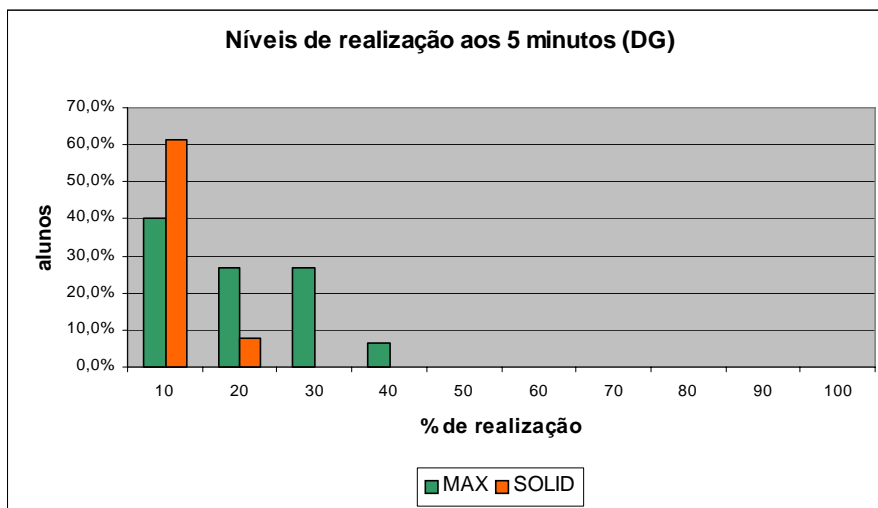
## 1.2.2 Níveis de realização com *SolidWorks*

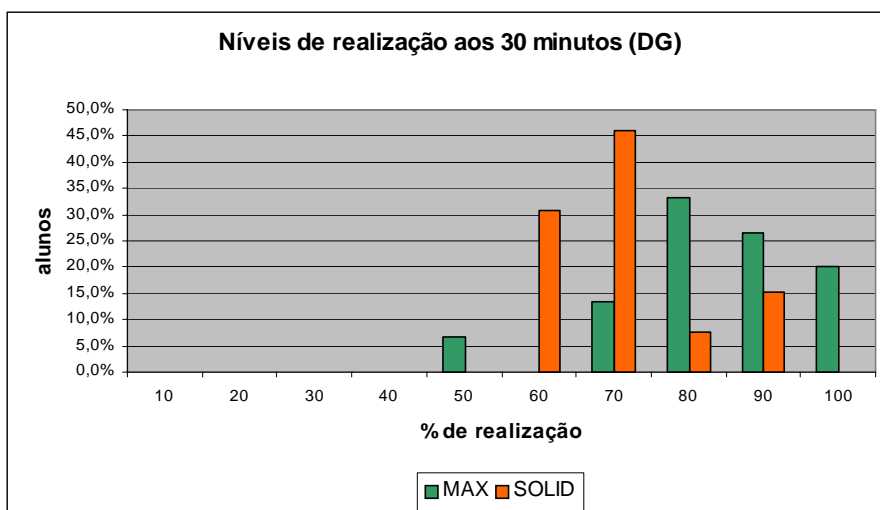
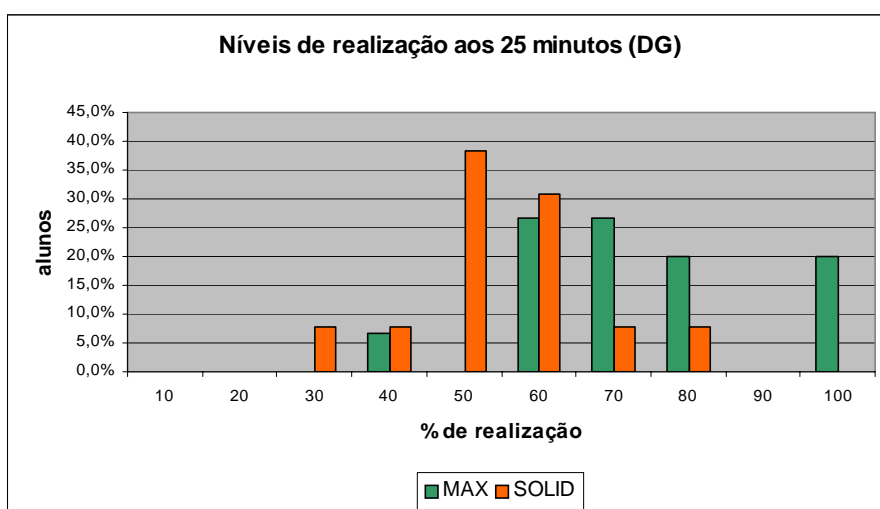
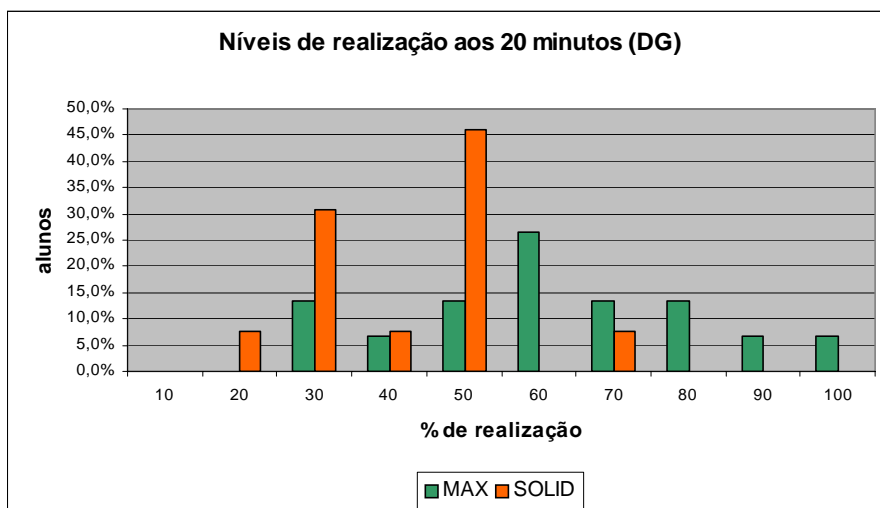




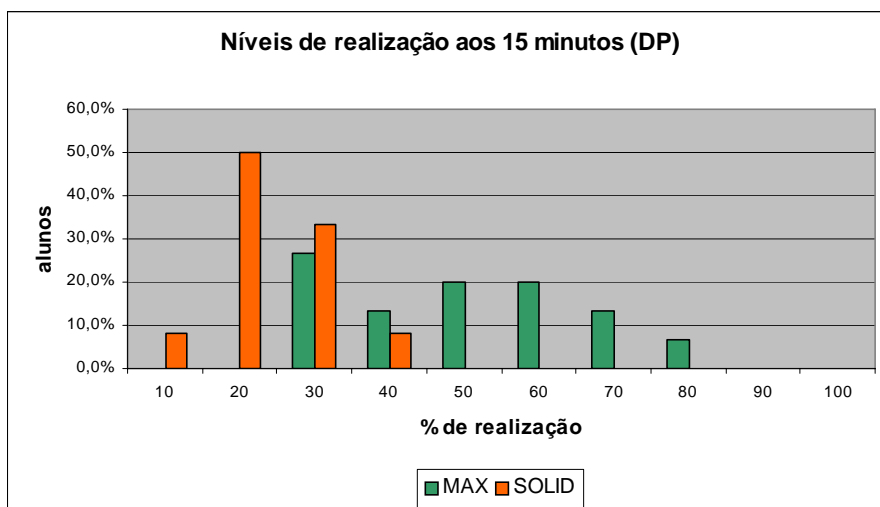
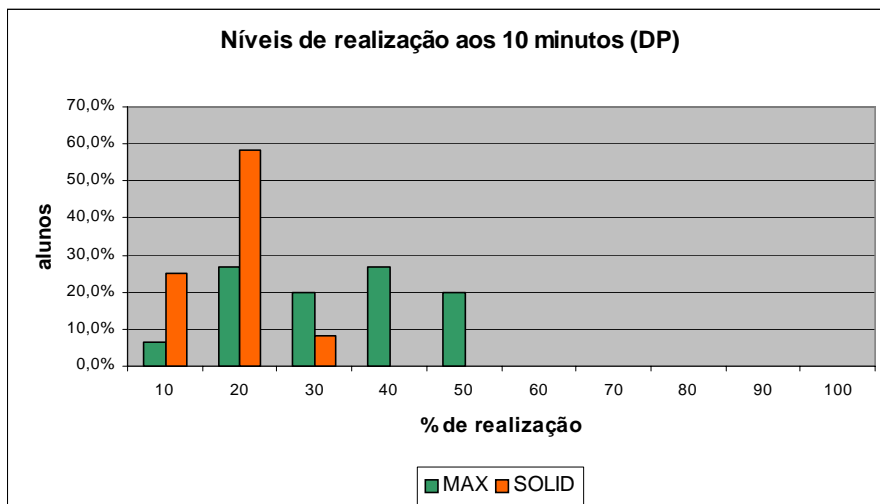
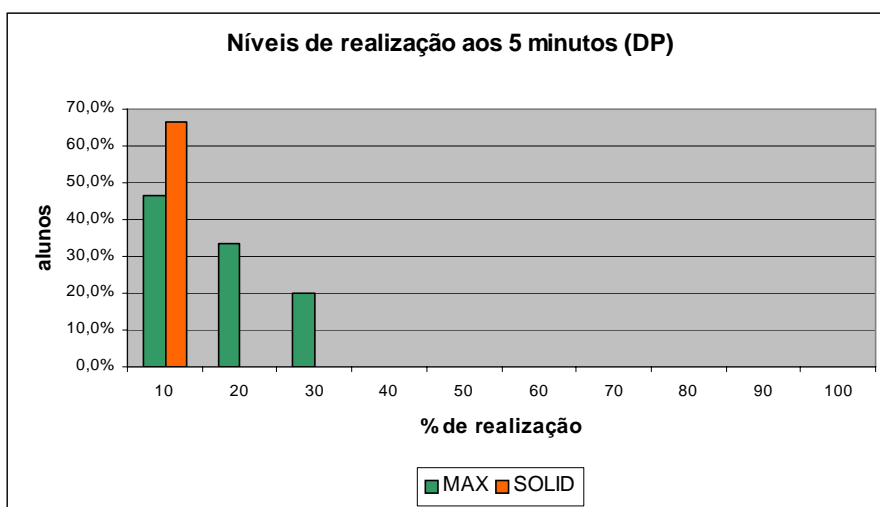
### 1.3 Nível de realização comparado (Aplicações)

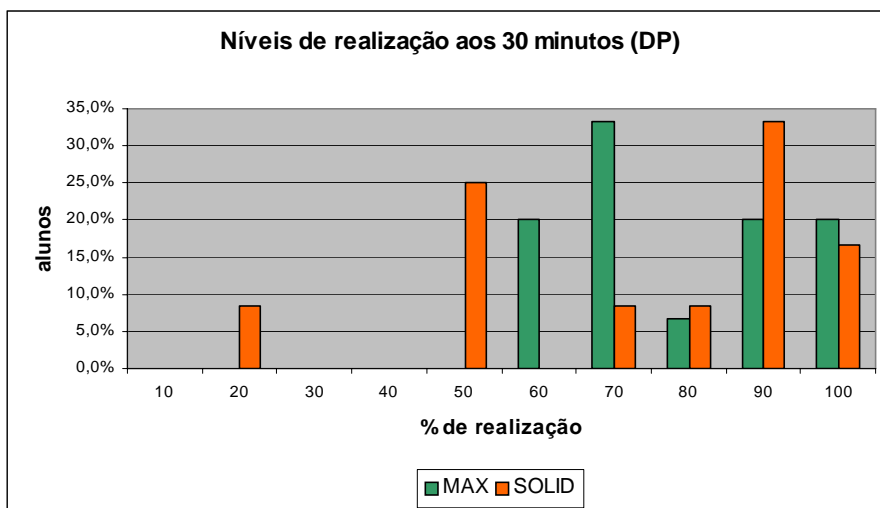
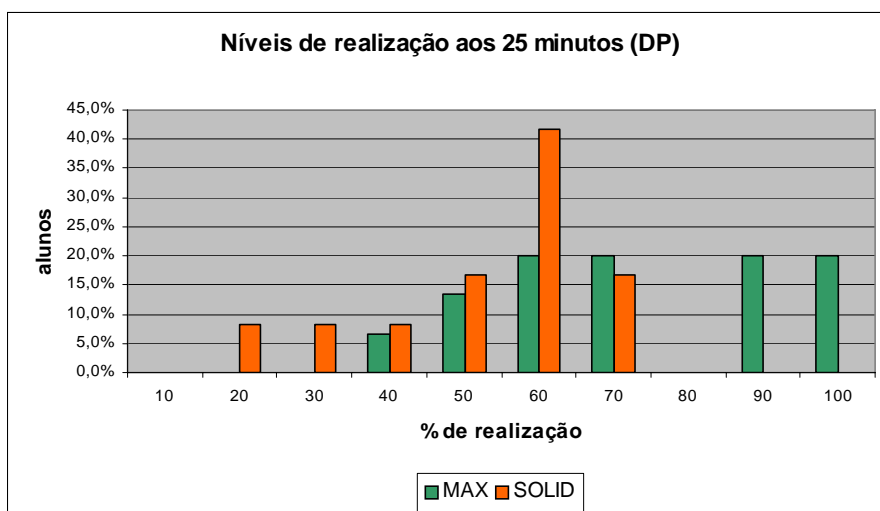
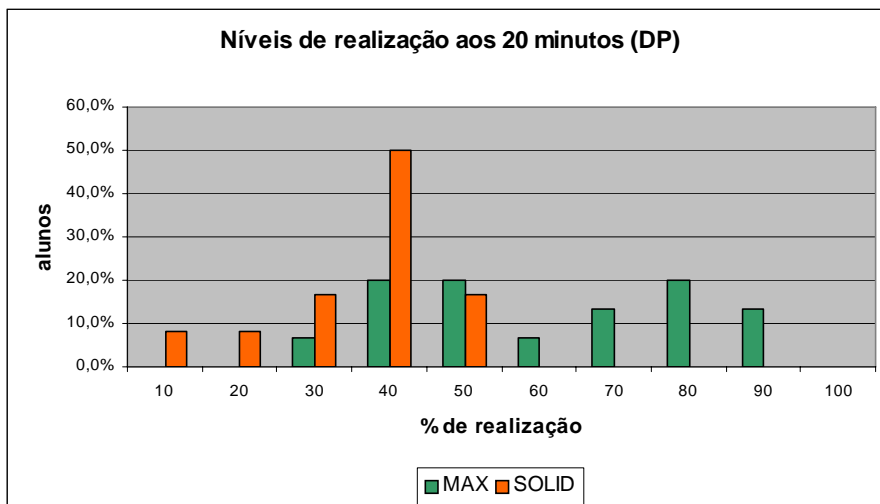
#### 1.3.1 Grupo DG





### 1.3.2 Grupo DP





## 1.4 Comportamentos observados

### 1.4.1 Atitudes durante a execução da tarefa (DP e DG)

#### 1.4.1.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 5 – Comportamentos observados

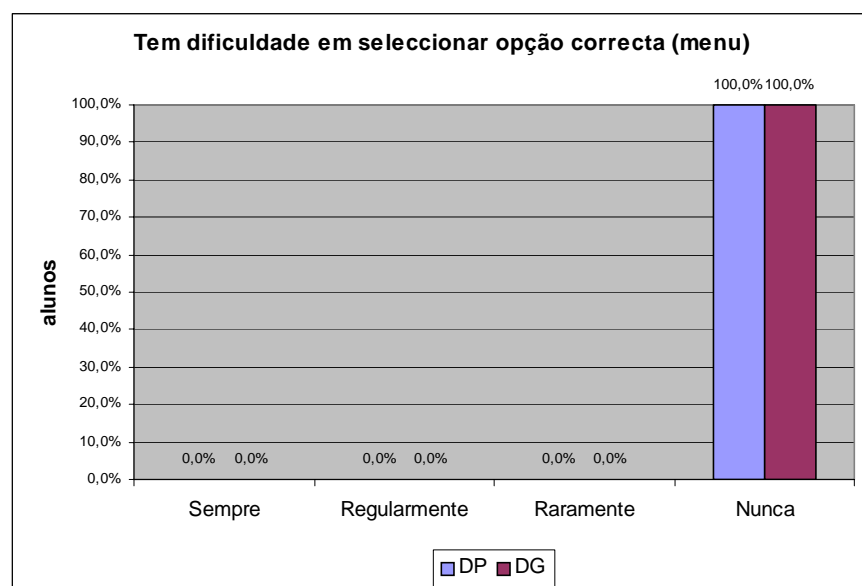
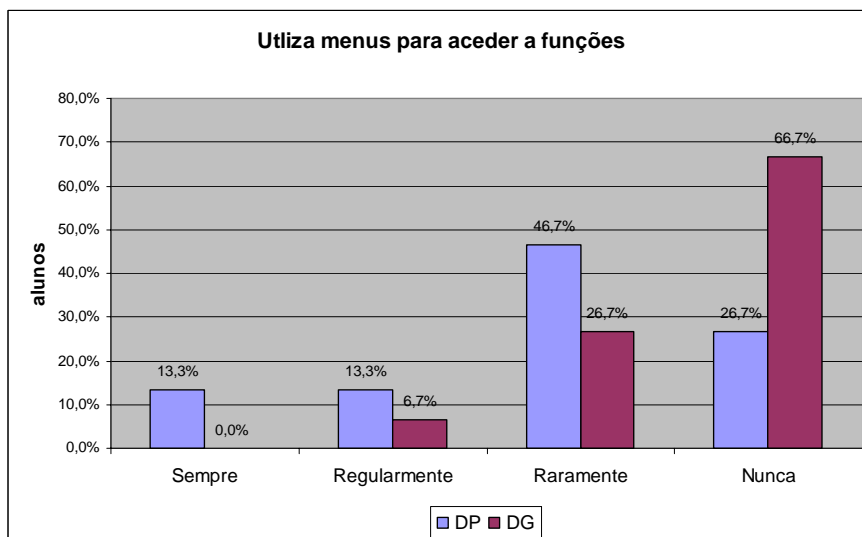
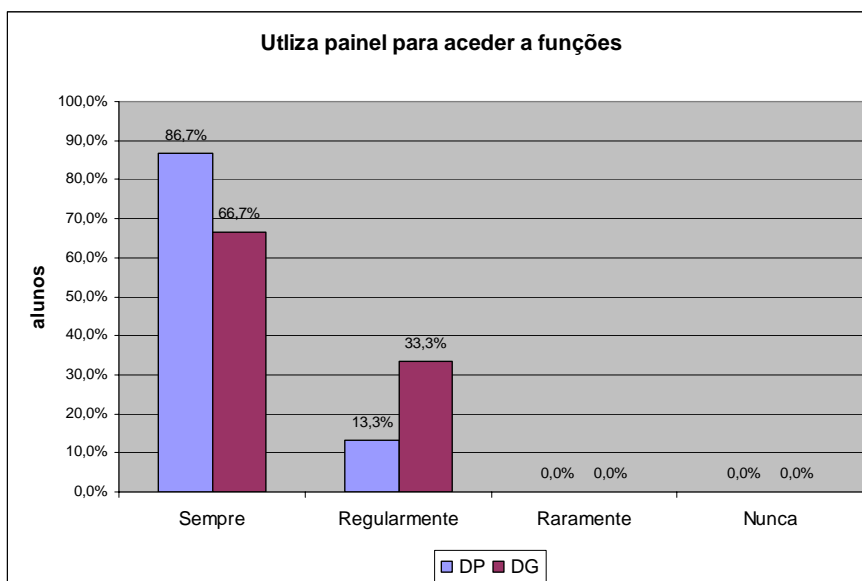
Comportamentos observados	
A	Utiliza painel para aceder a funções
B	Utiliza menus para aceder a funções
C	Tem dificuldade em seleccionar opção correcta (menu)
D	Utiliza ícones para aceder a funções
E	Tem dificuldade em identificar opção correcta (ícone)
F	Navega na interface nas zonas adequados à operação
G	Experimenta novas soluções
H	Aplica as novas soluções no projecto
I	Navega na interface em zonas absurdas
J	Evidencia sinais de confusão
L	Demora a encontrar operação
M	Repete os erros de navegação
N	Desiste da navegação

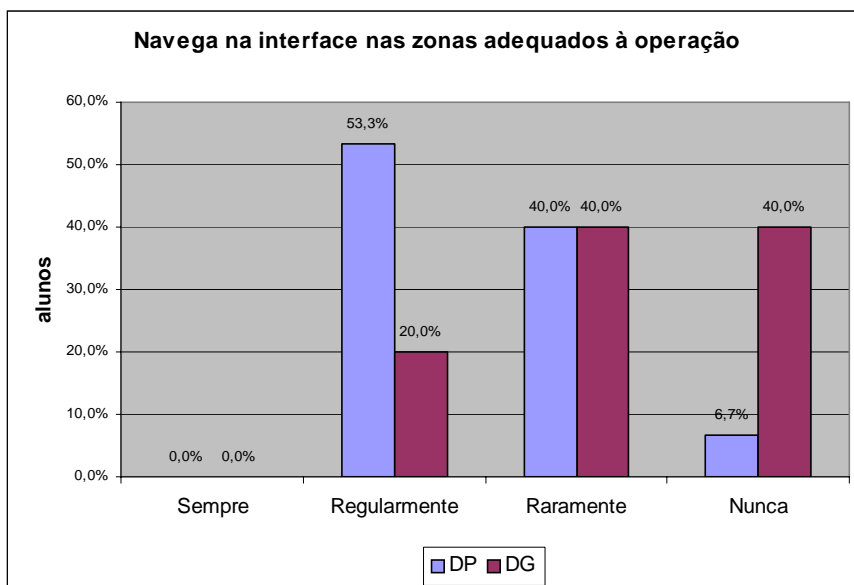
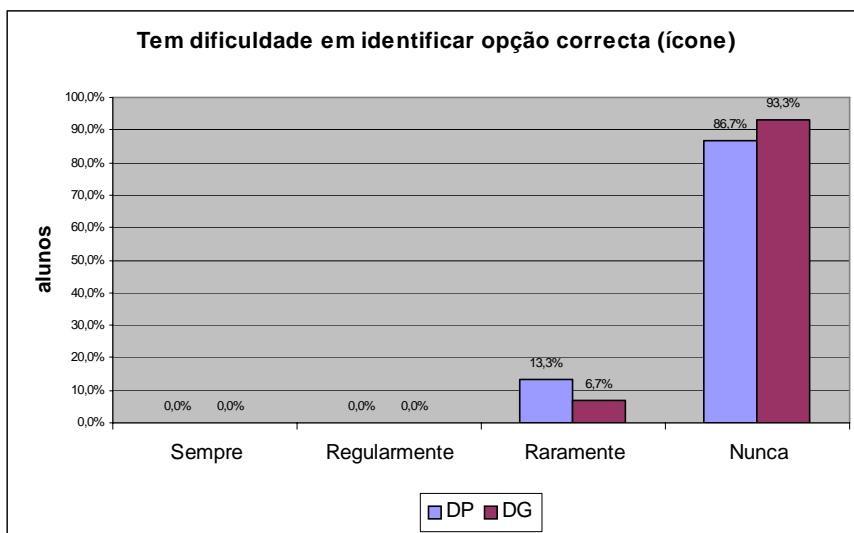
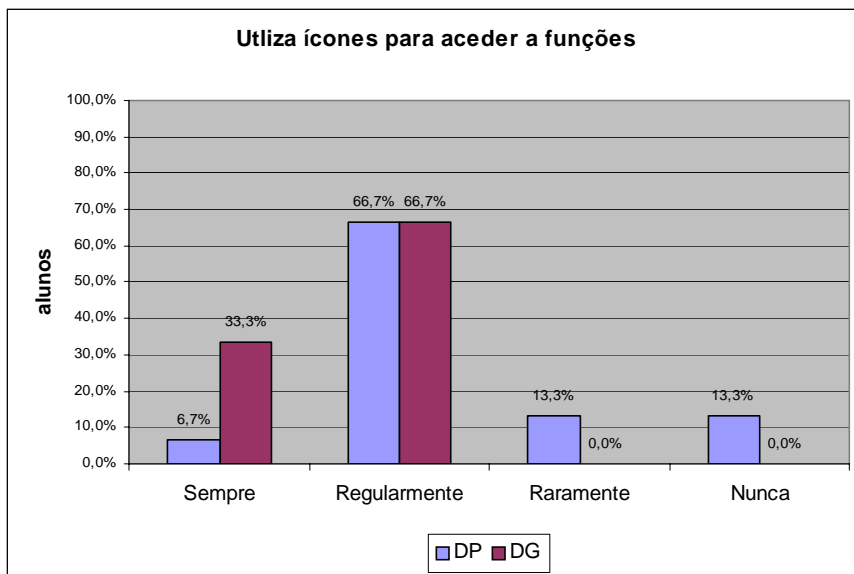
Quadro Anexo\_D- 6 – Atitudes durante a execução da tarefa -3D Studio MAX – Grupo (DP)

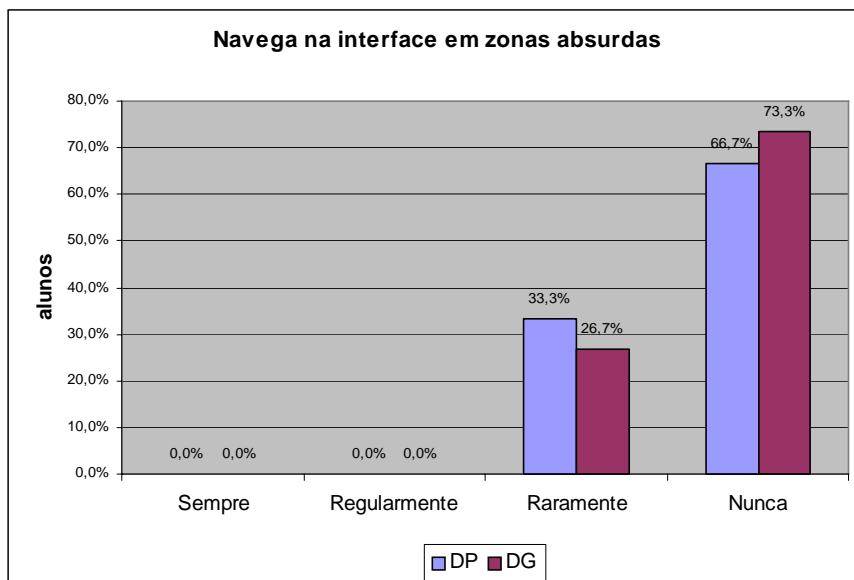
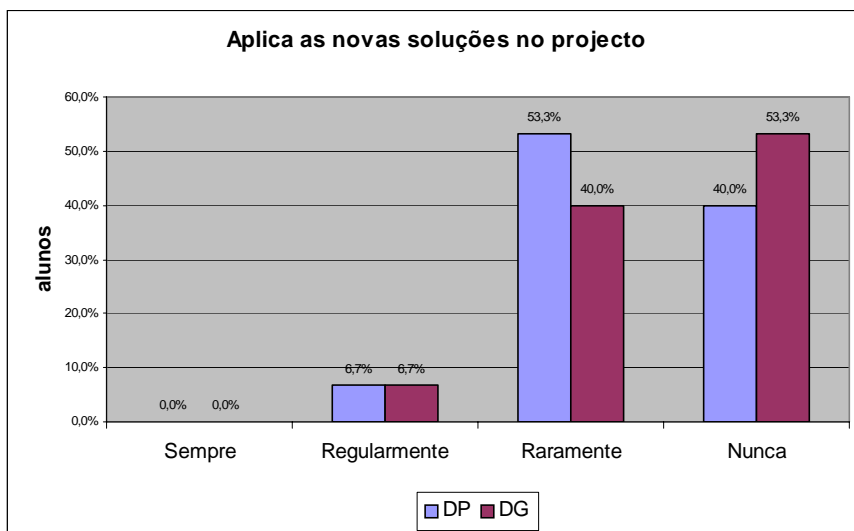
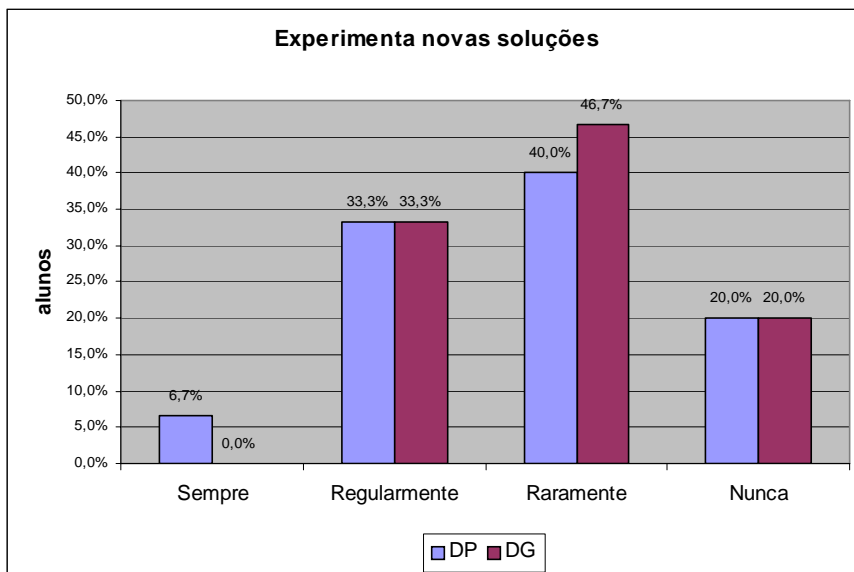
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	86,7%	13,3%	0,0%	0,0%
B	13,3%	13,3%	46,7%	26,7%
C	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
D	6,7%	66,7%	13,3%	13,3%
E	0,0%	0,0%	13,3%	86,7%
F	0,0%	53,3%	40,0%	6,7%
G	6,7%	33,3%	40,0%	20,0%
H	0,0%	6,7%	53,3%	40,0%
I	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%
J	0,0%	0,0%	53,3%	46,7%
L	0,0%	0,0%	60,0%	40,0%
M	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%
N	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%

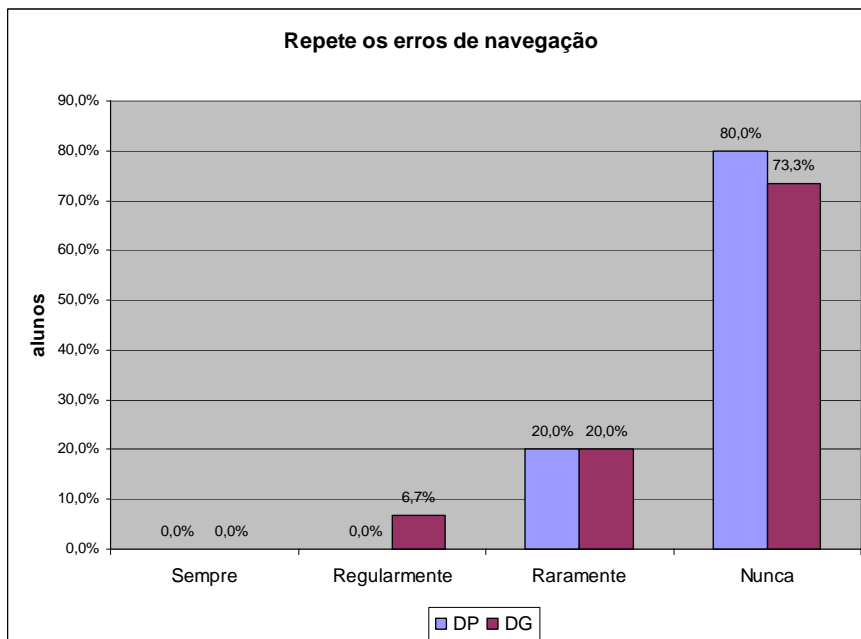
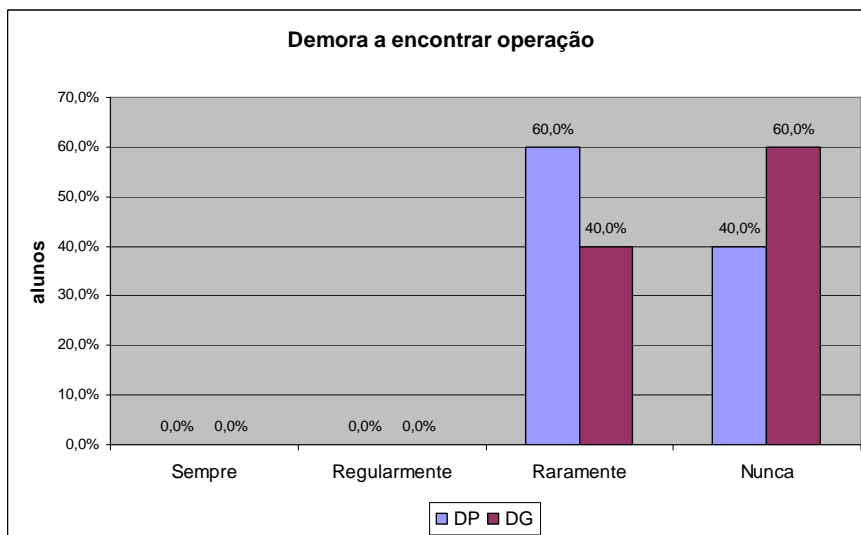
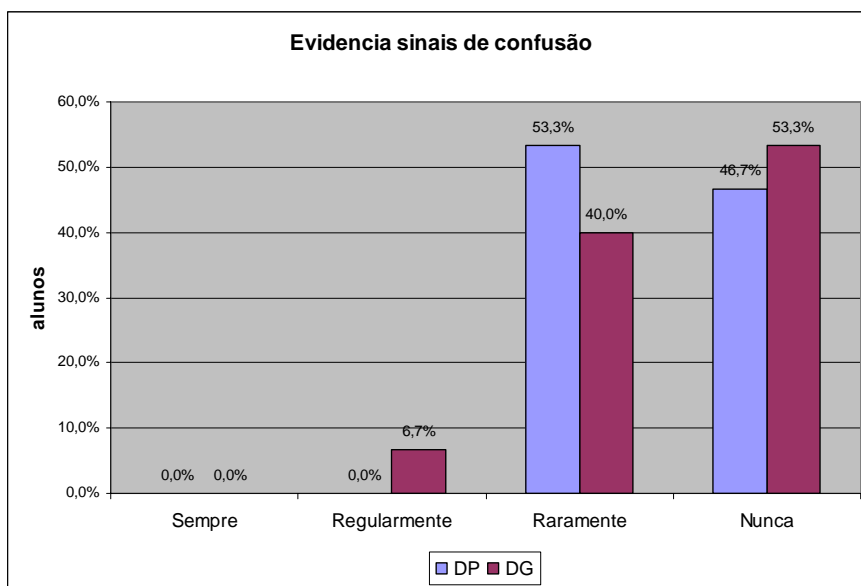
**Quadro Anexo\_D- 7 – Atitudes durante a execução da tarefa -3D Studio MAX – Grupo (DG)**

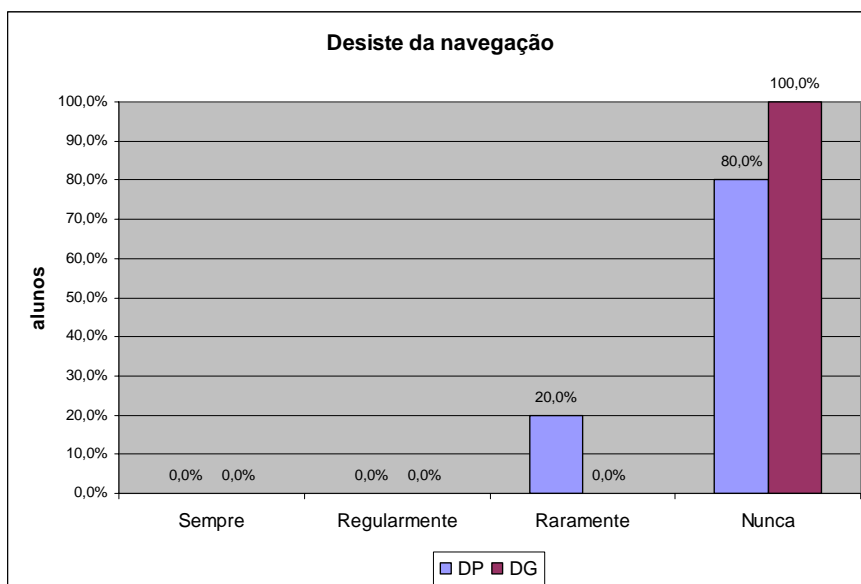
GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%
B	0,0%	6,7%	26,7%	66,7%
C	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
D	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%
E	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
F	0,0%	20,0%	40,0%	40,0%
G	0,0%	33,3%	46,7%	20,0%
H	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
I	0,0%	0,0%	26,7%	73,3%
J	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
L	0,0%	0,0%	40,0%	60,0%
M	0,0%	6,7%	20,0%	73,3%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%











### 1.4.2 *SolidWorks*

**Quadro Anexo\_D- 8 – Atitudes durante a execução da tarefa**

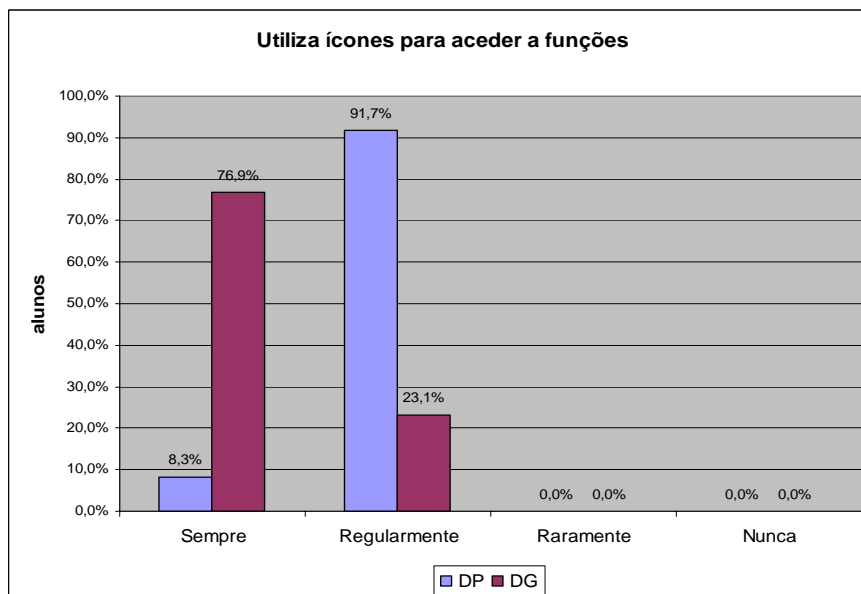
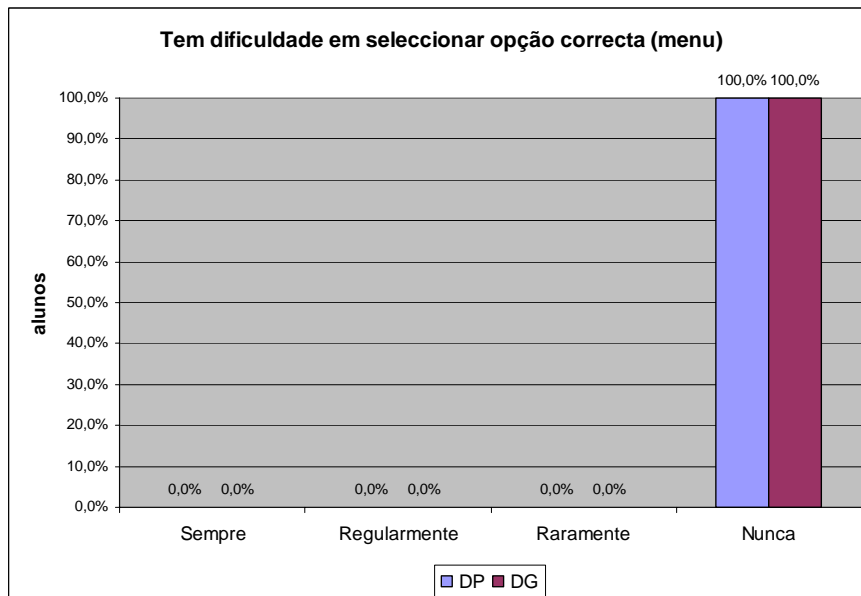
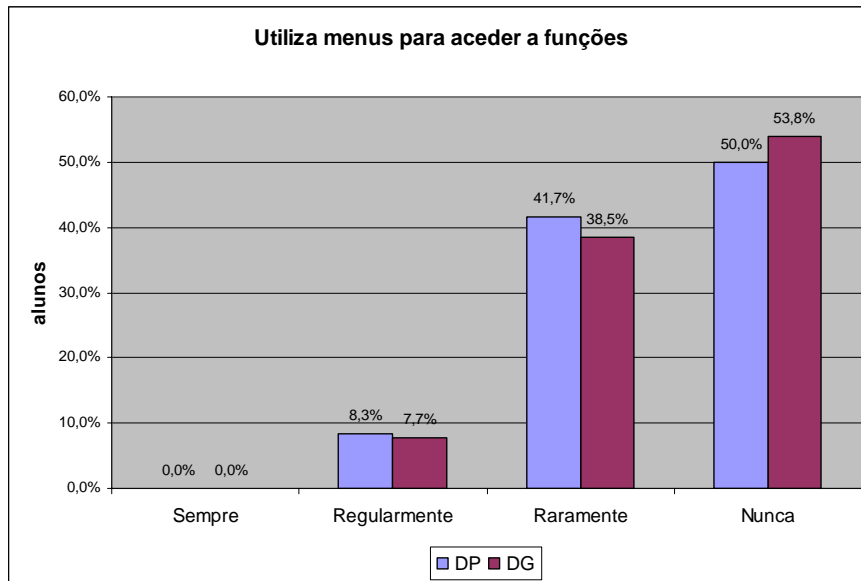
<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza menus para aceder a funções
B	Tem dificuldade em seleccionar opção correcta (menu)
C	Utiliza ícones para aceder a funções
D	Tem dificuldade em identificar opção correcta (ícone)
E	Navega na interface nas zonas adequados à operação
F	Experimenta novas soluções
G	Aplica as novas soluções no projecto
H	Navega na interface em zonas absurdas
I	Evidencia sinais de confusão
J	Demora a encontrar operação
L	Interpreta mensagens de erro e avisos
M	Repete os erros de navegação
N	Desiste da navegação

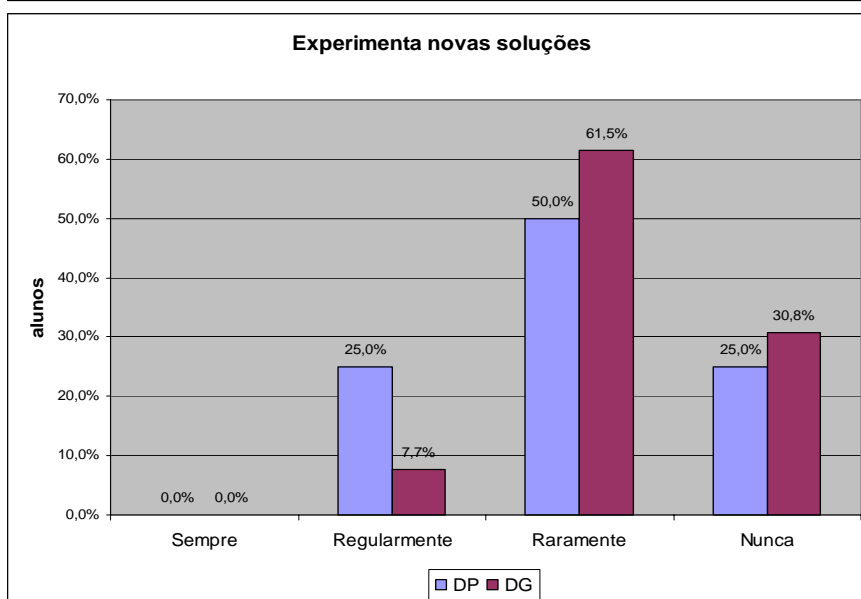
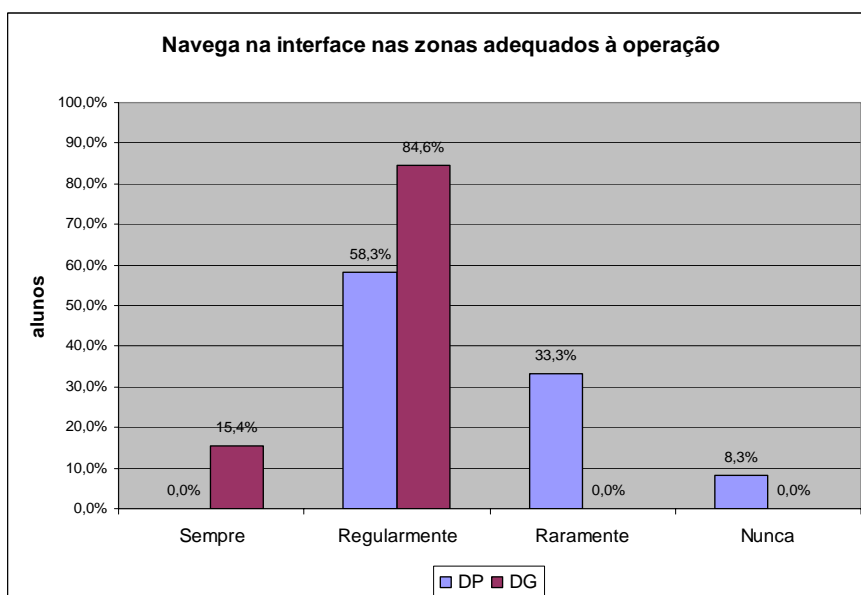
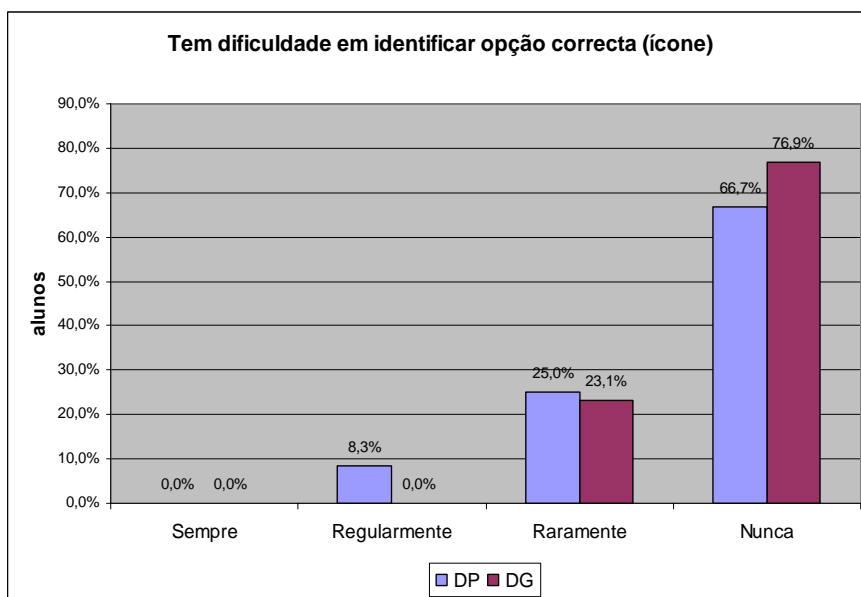
**Quadro Anexo\_D- 9 – Atitudes durante a execução da tarefa -*Solidworks* – Grupo (DP)**

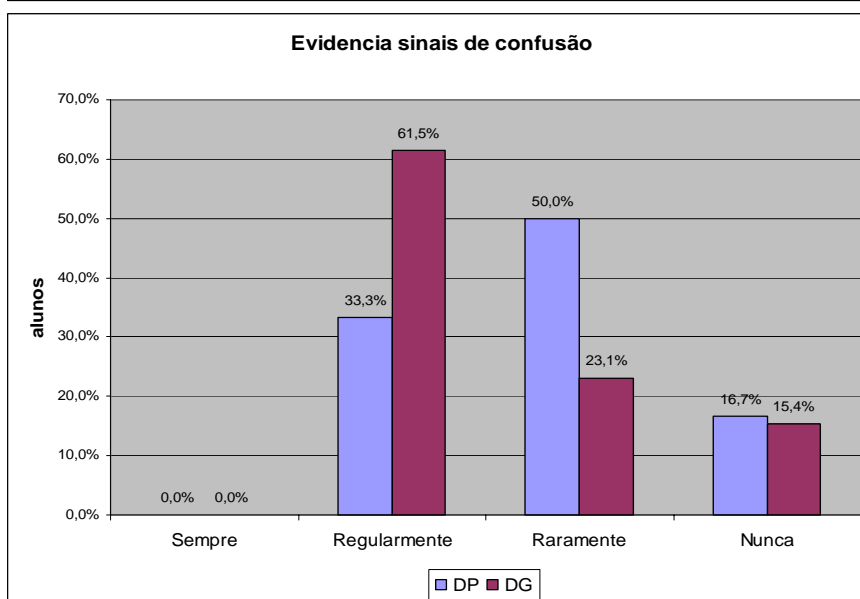
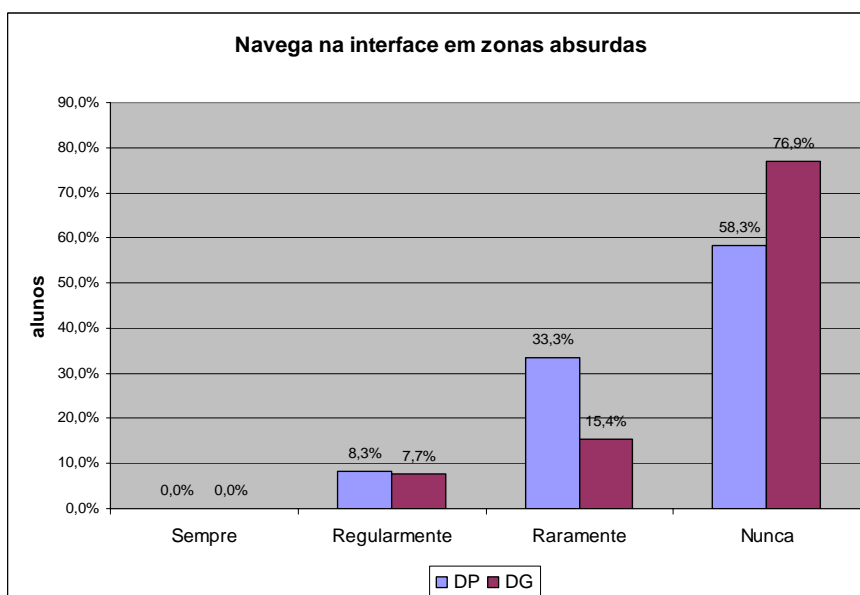
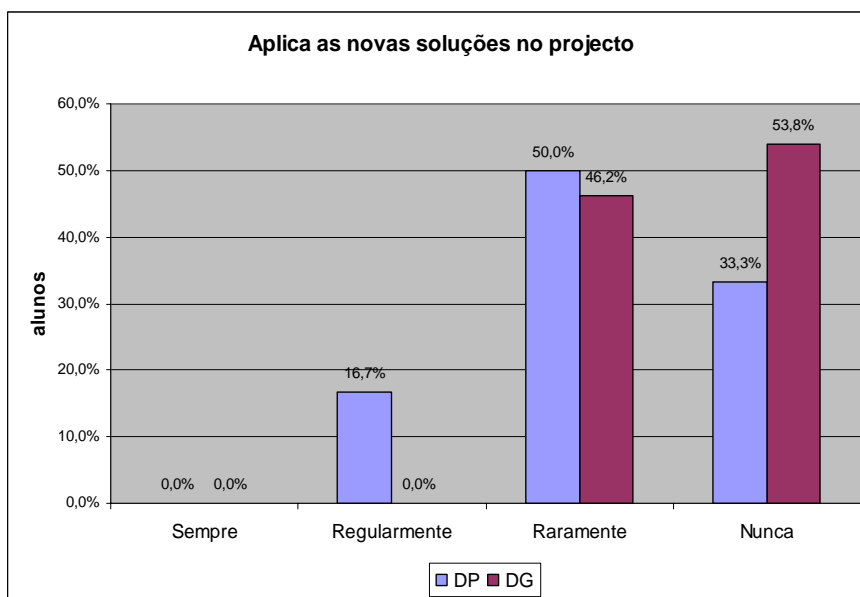
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	8,3%	41,7%	50,0%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	8,3%	91,7%	0,0%	0,0%
D	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
E	0,0%	58,3%	33,3%	8,3%
F	0,0%	25,0%	50,0%	25,0%
G	0,0%	16,7%	50,0%	33,3%
H	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
I	0,0%	33,3%	50,0%	16,7%
J	0,0%	8,3%	58,3%	33,3%
L	0,0%	0,0%	66,7%	33,3%
M	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

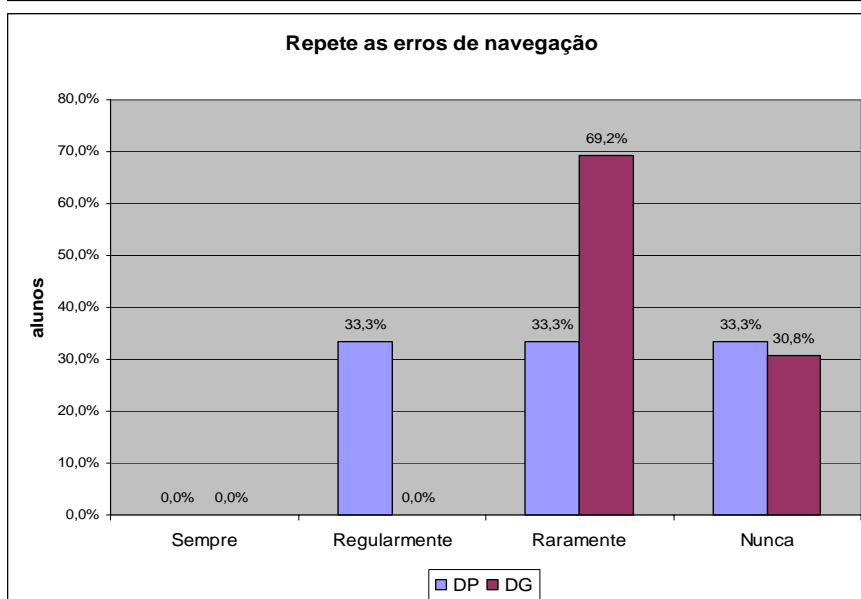
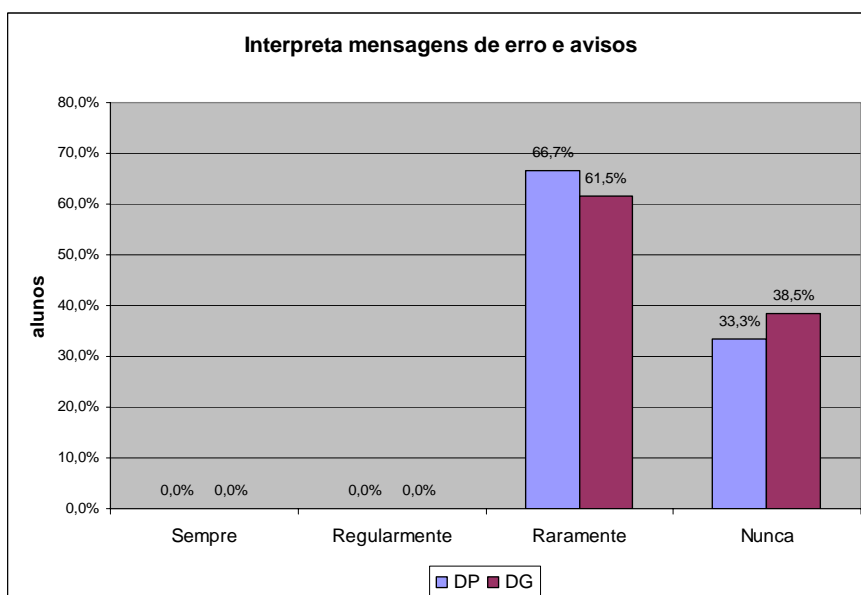
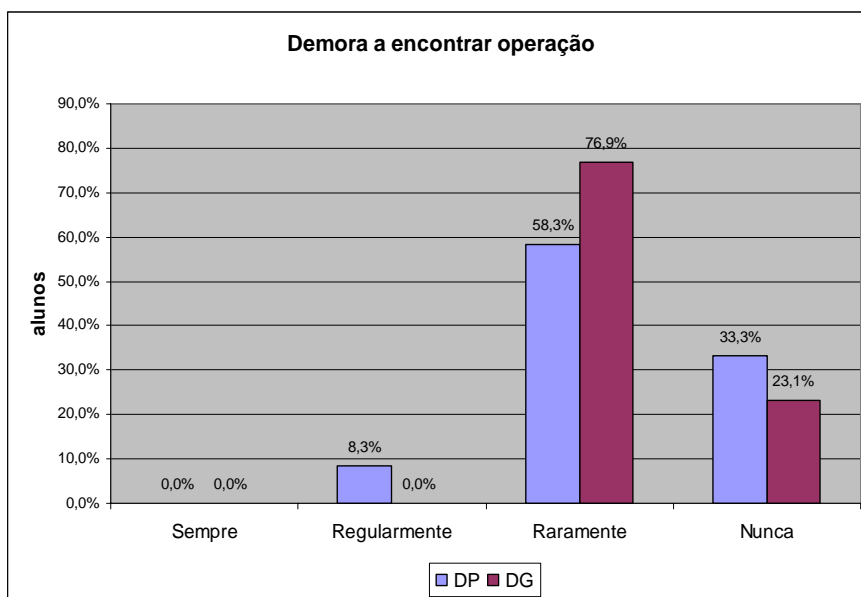
**Quadro Anexo\_D- 10 – Atitudes durante a execução da tarefa -Solidworks – Grupo (DG)**

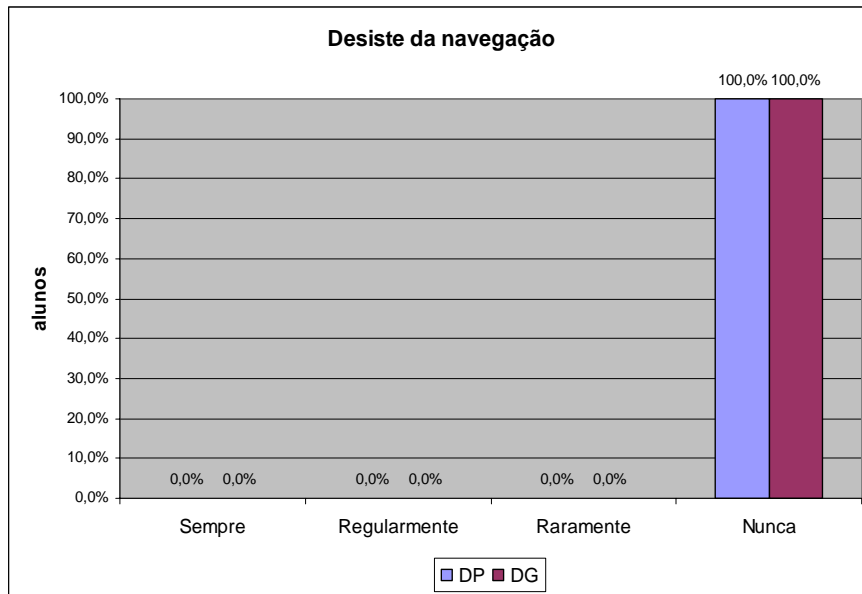
GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	76,9%	23,1%	0,0%	0,0%
D	0,0%	0,0%	23,1%	76,9%
E	15,4%	84,6%	0,0%	0,0%
F	0,0%	7,7%	61,5%	30,8%
G	0,0%	0,0%	46,2%	53,8%
H	0,0%	7,7%	15,4%	76,9%
I	0,0%	61,5%	23,1%	15,4%
J	0,0%	0,0%	76,9%	23,1%
L	0,0%	0,0%	61,5%	38,5%
M	0,0%	0,0%	69,2%	30,8%
N	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%











### 1.4.3 Operacionalidade na construção de objectos

#### 1.4.3.1 3DStudio MAX

Quadro Anexo\_D- 11 –Operacionalidade na construção de objectos

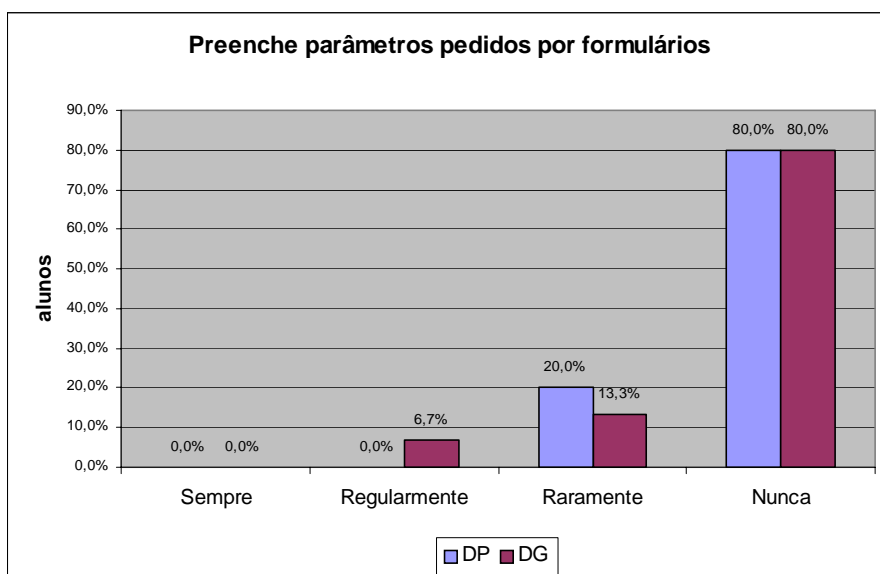
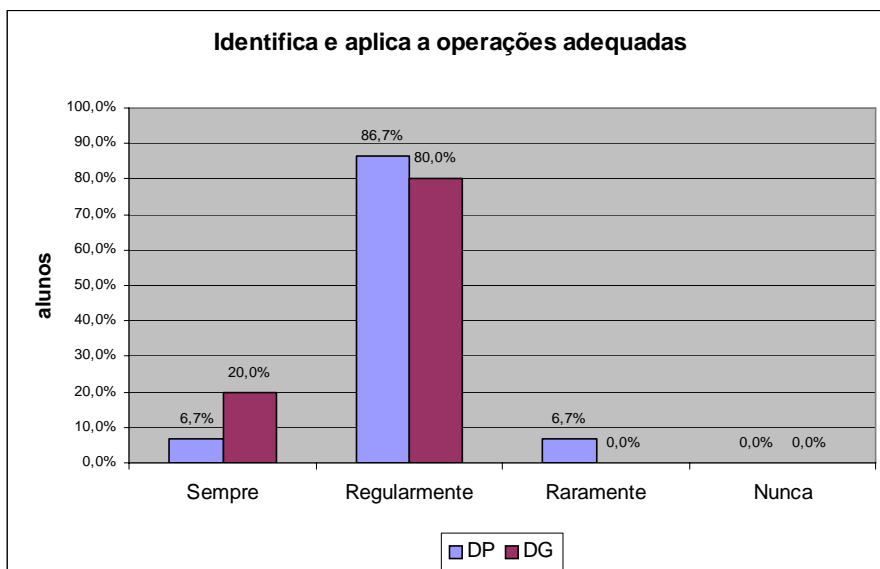
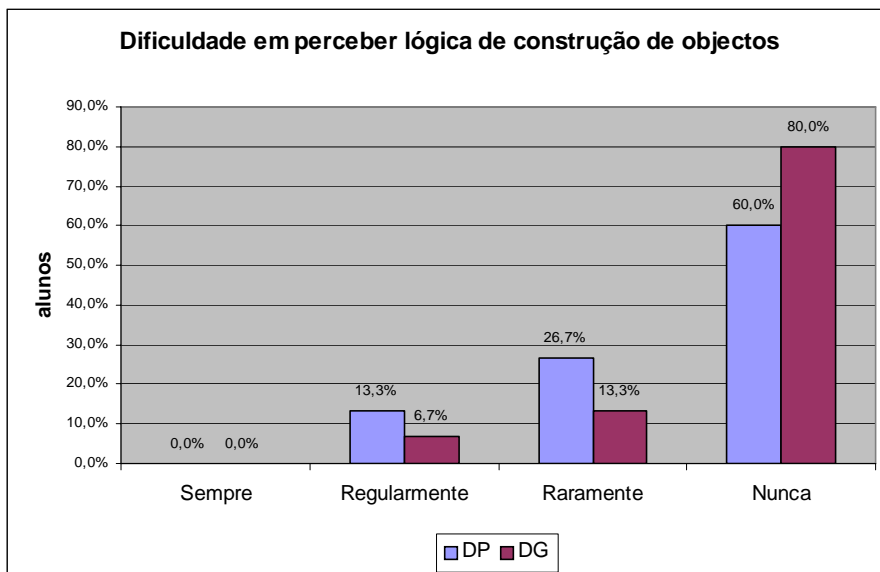
Comportamentos observados	
A	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos
B	Identifica e aplica a operações adequadas
C	Preenche parâmetros pedidos por formulários
D	Coloca valores coerentes nos formulários
E	Mantém valores originais da modelação interactiva
F	Reajusta parâmetros mais tarde

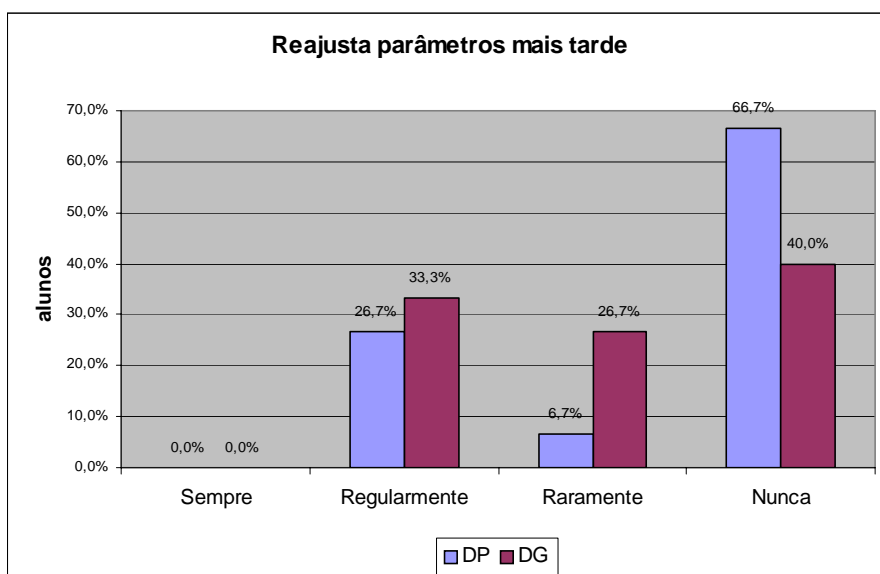
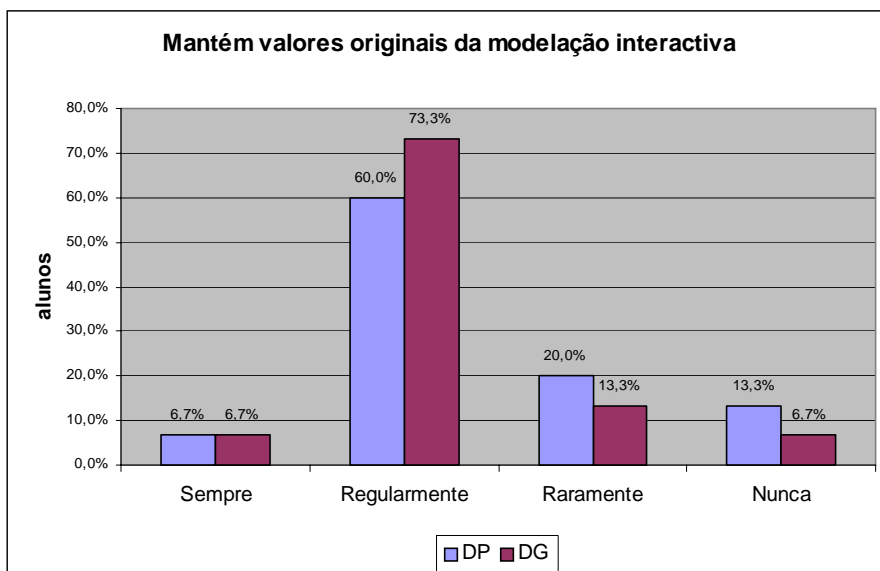
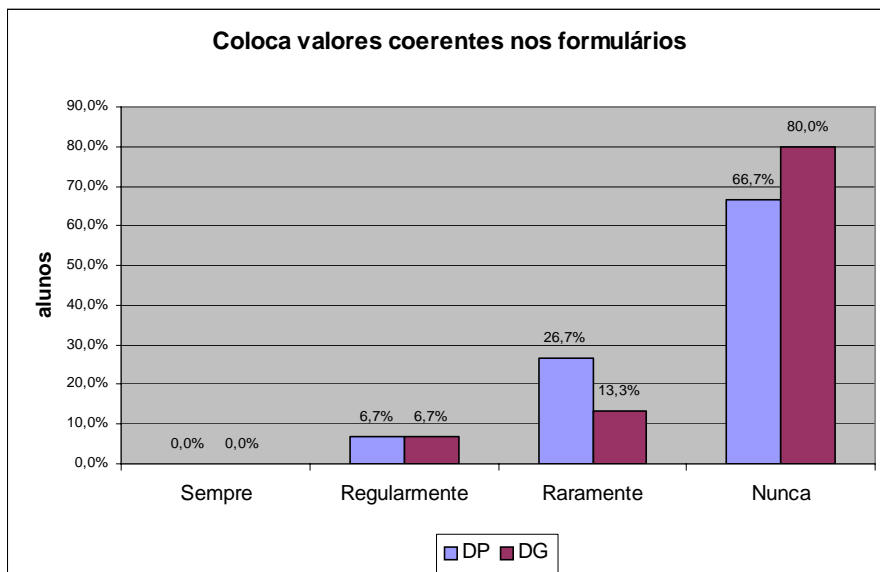
Quadro Anexo\_D- 12 –Operacionalidade na construção de objectos -3DStudio MAX – Grupo (DP)

GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	13,3%	26,7%	60,0%
B	6,7%	86,7%	6,7%	0,0%
C	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%
D	0,0%	6,7%	26,7%	66,7%
E	6,7%	60,0%	20,0%	13,3%
F	0,0%	26,7%	6,7%	66,7%

Quadro Anexo\_D- 13 –Operacionalidade na construção de objectos -3DStudio MAX – Grupo (DG)

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
B	20,0%	80,0%	0,0%	0,0%
C	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
D	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
E	6,7%	73,3%	13,3%	6,7%
F	0,0%	33,3%	26,7%	40,0%





### 1.4.3.2 *SolidWorks*

**Quadro Anexo\_D- 14 – Operacionalidade na construção de objectos**

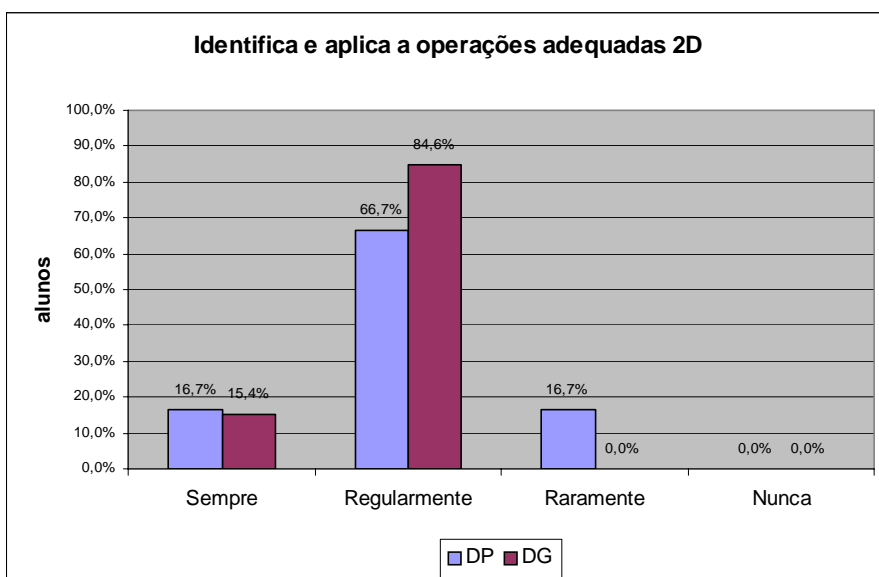
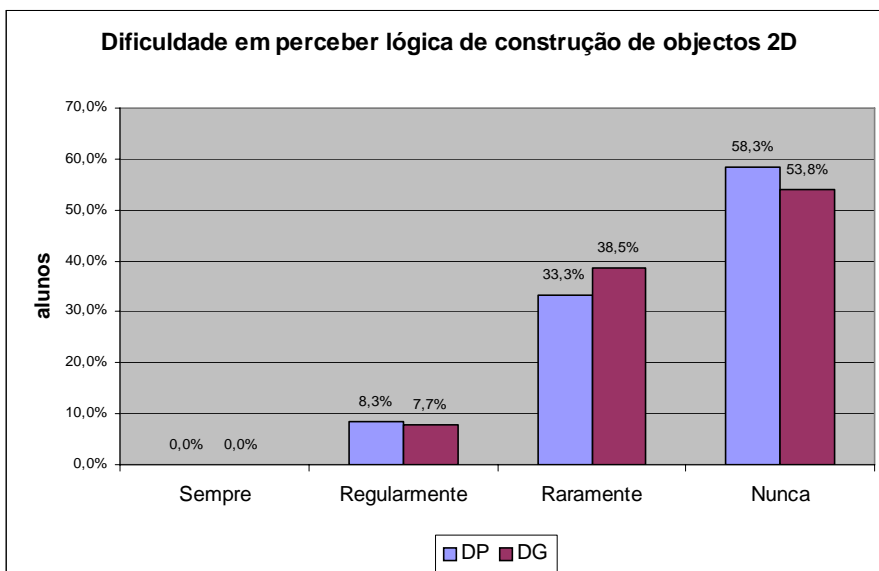
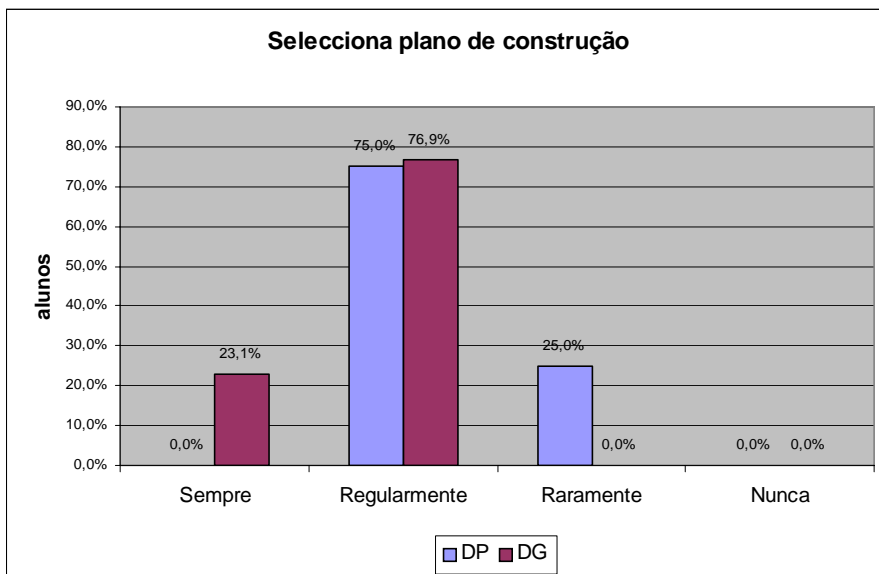
<b>Comportamentos observados</b>	
A	Selecciona plano de construção
B	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 2D
C	Identifica e aplica a operações adequadas 2D
D	Dificuldade em perceber lógica de construção de objectos 3D
E	Identifica e aplica a operações adequadas 3D
F	Coloca valores/elementos coerentes nos formulários

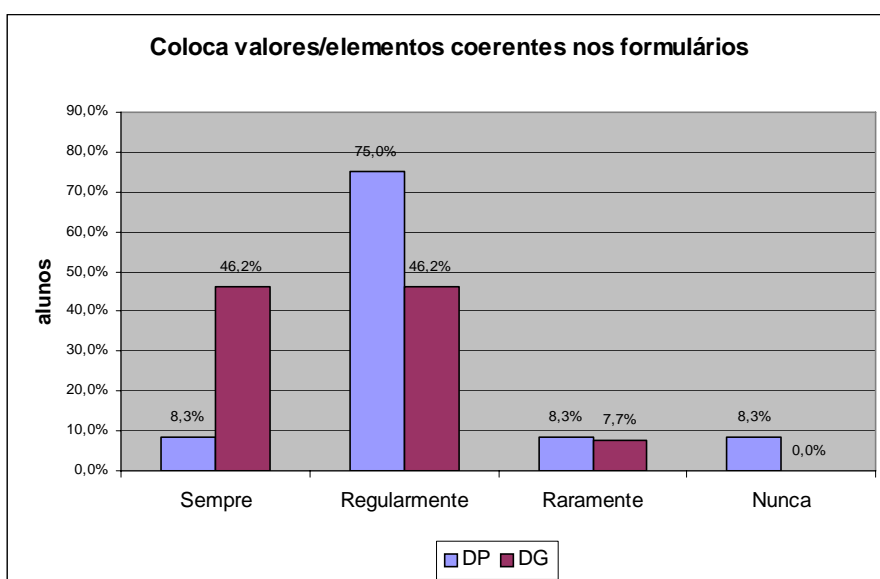
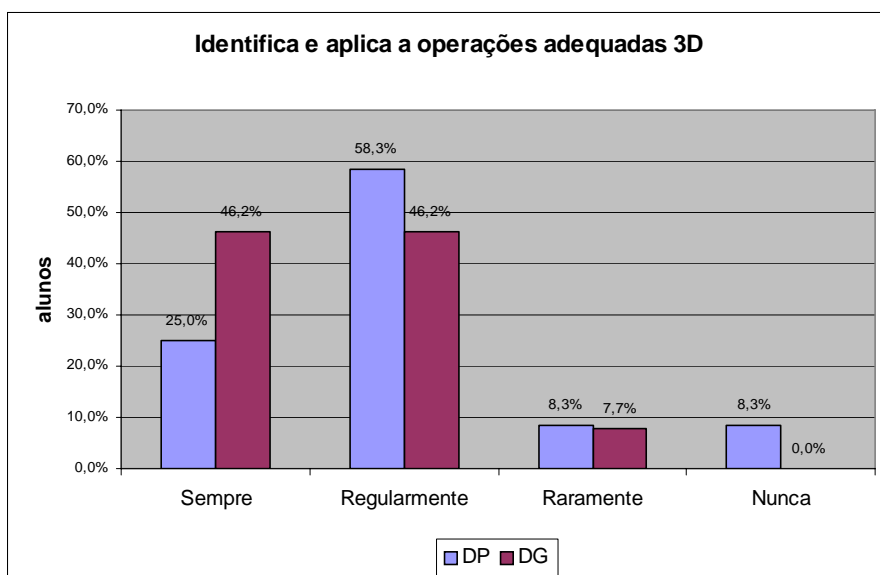
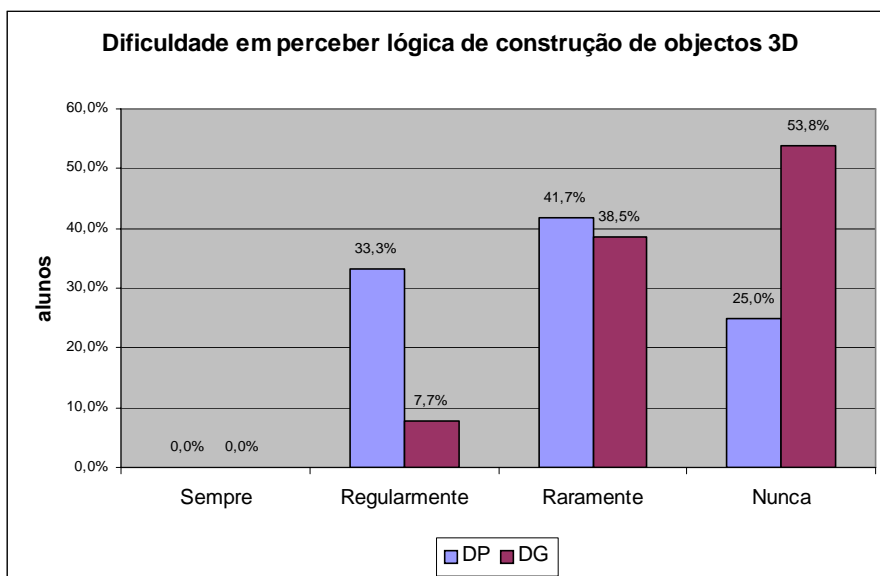
**Quadro Anexo\_D- 15 –Operacionalidade na construção de objectos -*SolidWorks* – Grupo (DP)**

GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	75,0%	25,0%	0,0%
B	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
C	16,7%	66,7%	16,7%	0,0%
D	0,0%	33,3%	41,7%	25,0%
E	25,0%	58,3%	8,3%	8,3%
F	8,3%	75,0%	8,3%	8,3%

**Quadro Anexo\_D- 16 –Operacionalidade na construção de objectos -*SolidWorks* – Grupo (DG)**

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	23,1%	76,9%	0,0%	0,0%
B	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
C	15,4%	84,6%	0,0%	0,0%
D	0,0%	7,7%	38,5%	53,8%
E	46,2%	46,2%	7,7%	0,0%
F	46,2%	46,2%	7,7%	0,0%





## 1.4.4 Operacionalidade na modificação de objectos

### 1.4.4.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 17 – Operacionalidade na modificação de objectos

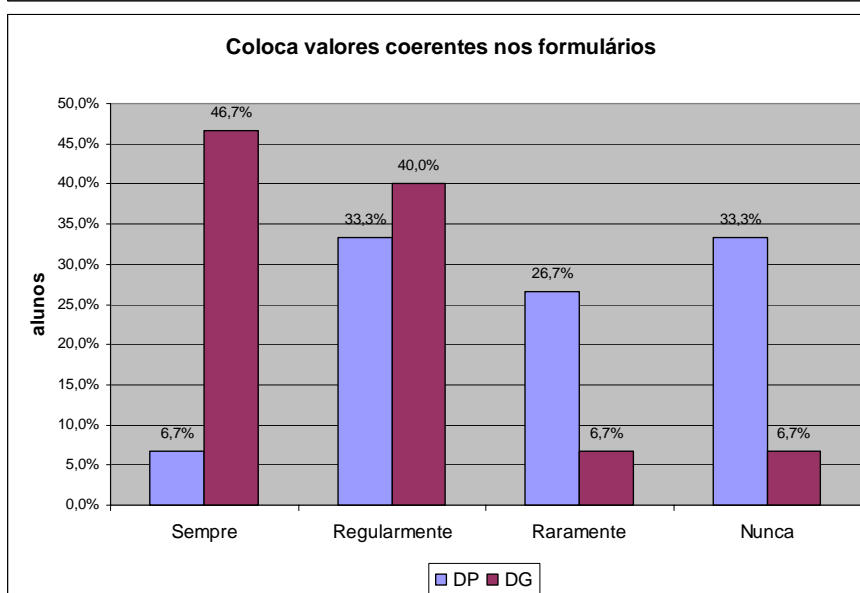
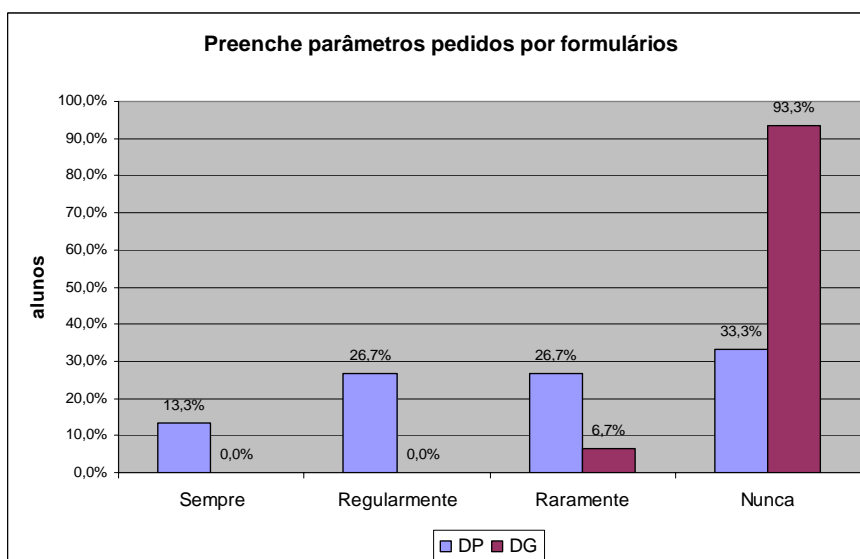
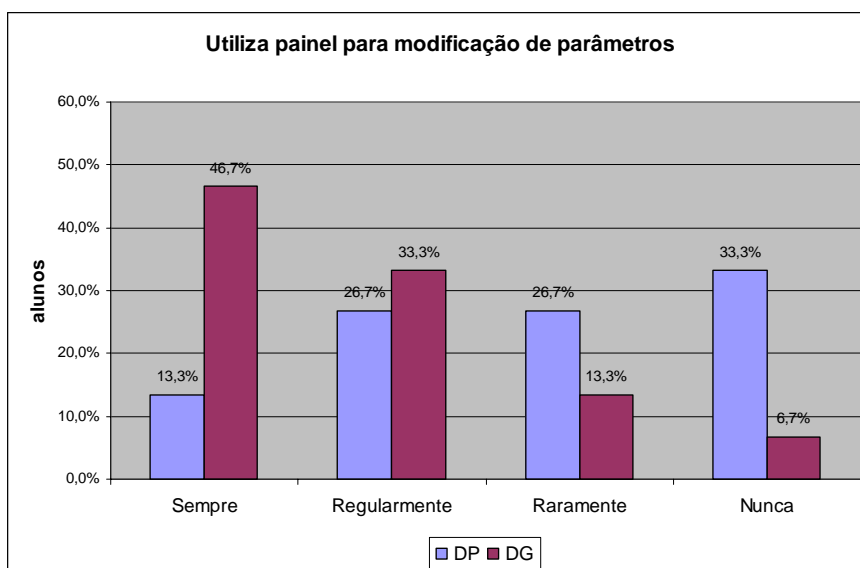
Comportamentos observados	
A	Utiliza painel para modificação de parâmetros
B	Preenche parâmetros pedidos por formulários
C	Coloca valores coerentes nos formulários
D	Efectua cópia de objectos
E	Revela preocupações com a colocação espacial dos objectos
F	Utiliza coordenadas espaciais para corrigir posição
G	Posiciona incorrectamente os objectos
H	Rectifica posição mais tarde
I	Revela dificuldade em apagar objectos

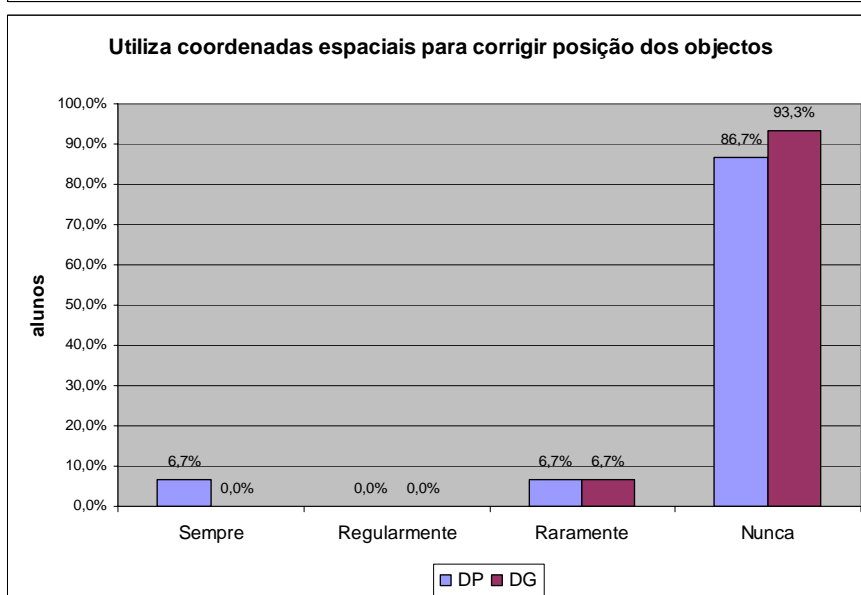
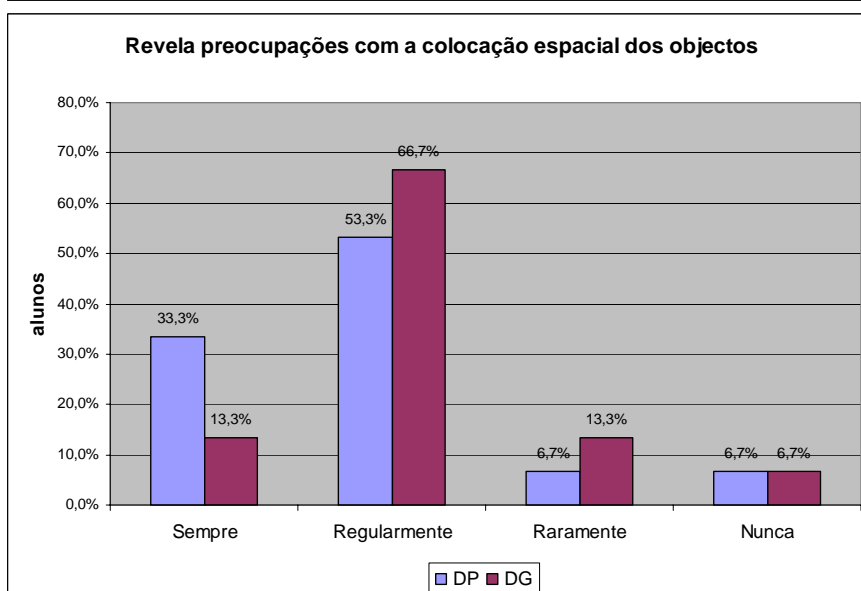
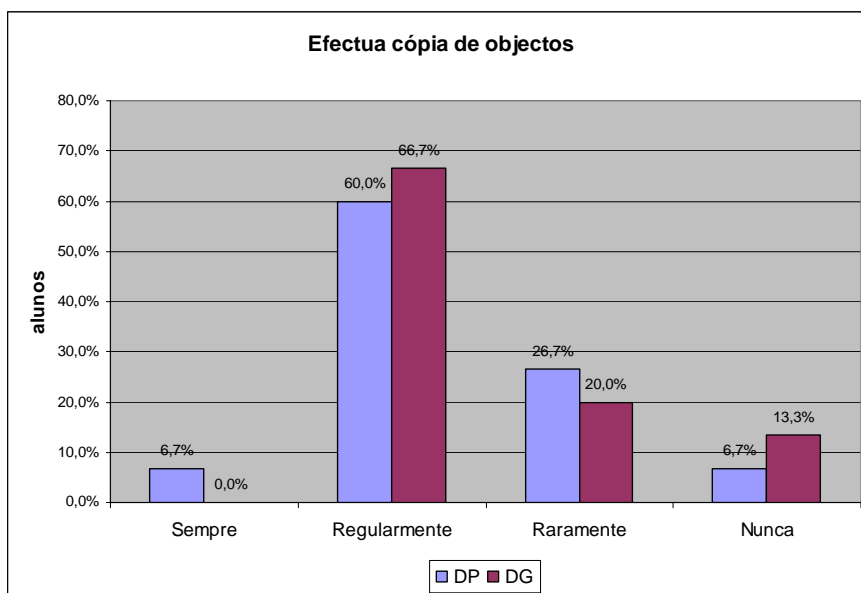
Quadro Anexo\_D- 18 – Operacionalidade na modificação de objectos - 3D Studio MAX – Grupo (DP)

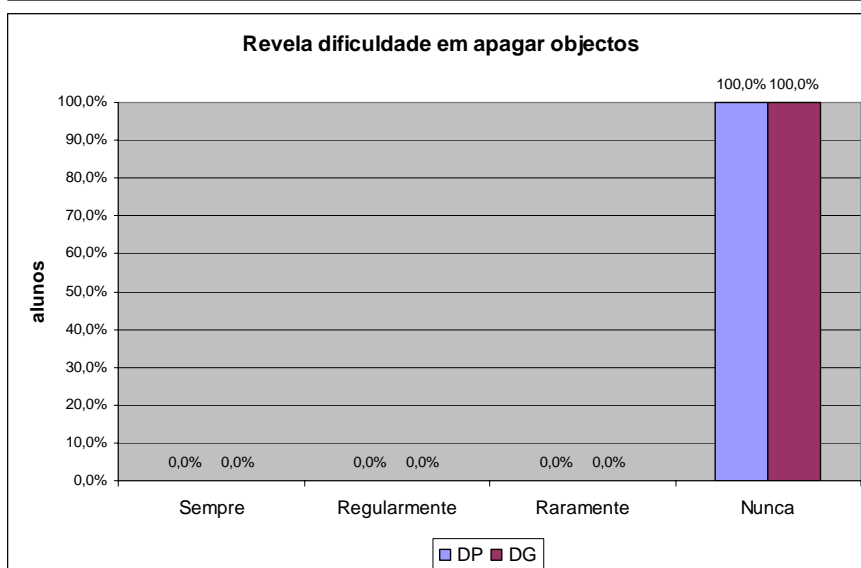
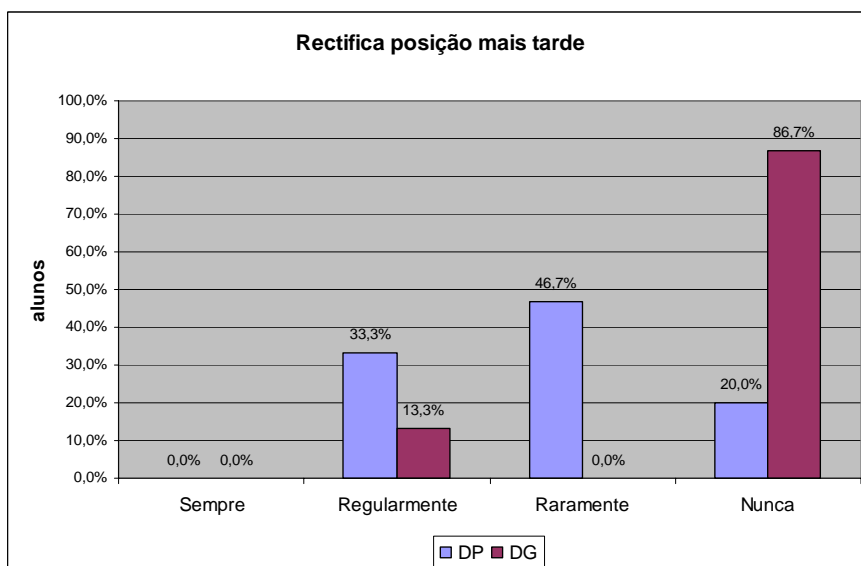
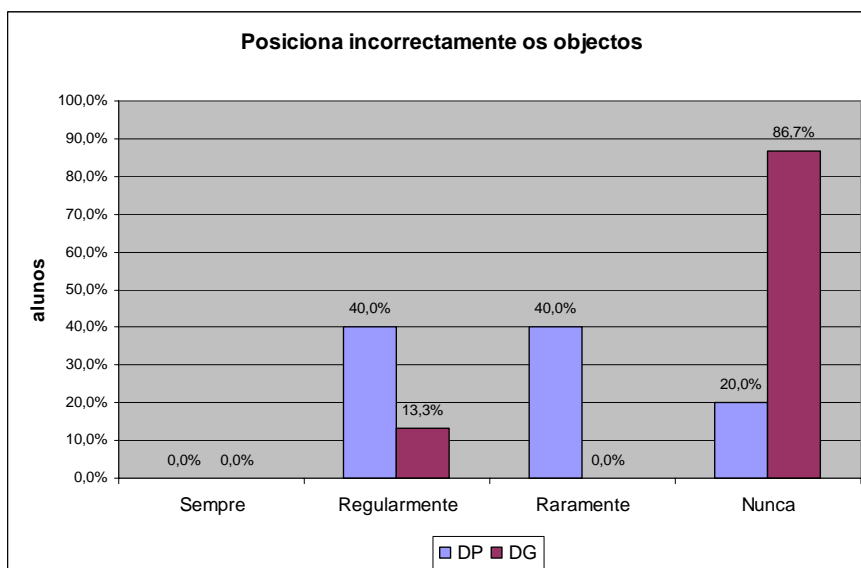
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	13,3%	26,7%	26,7%	33,3%
B	13,3%	26,7%	26,7%	33,3%
C	6,7%	33,3%	26,7%	33,3%
D	6,7%	60,0%	26,7%	6,7%
E	33,3%	53,3%	6,7%	6,7%
F	6,7%	0,0%	6,7%	86,7%
G	0,0%	40,0%	40,0%	20,0%
H	0,0%	33,3%	46,7%	20,0%
I	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Quadro Anexo\_D- 19 – Operacionalidade na modificação de objectos - 3D Studio MAX – Grupo (DG)

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	46,7%	33,3%	13,3%	6,7%
B	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
C	46,7%	40,0%	6,7%	6,7%
D	0,0%	66,7%	20,0%	13,3%
E	13,3%	66,7%	13,3%	6,7%
F	0,0%	0,0%	6,7%	93,3%
G	0,0%	13,3%	0,0%	86,7%
H	0,0%	13,3%	0,0%	86,7%
I	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%







### 1.4.4.2 *SolidWorks*

**Quadro Anexo\_D- 20 – Operacionalidade na modificação de objectos**

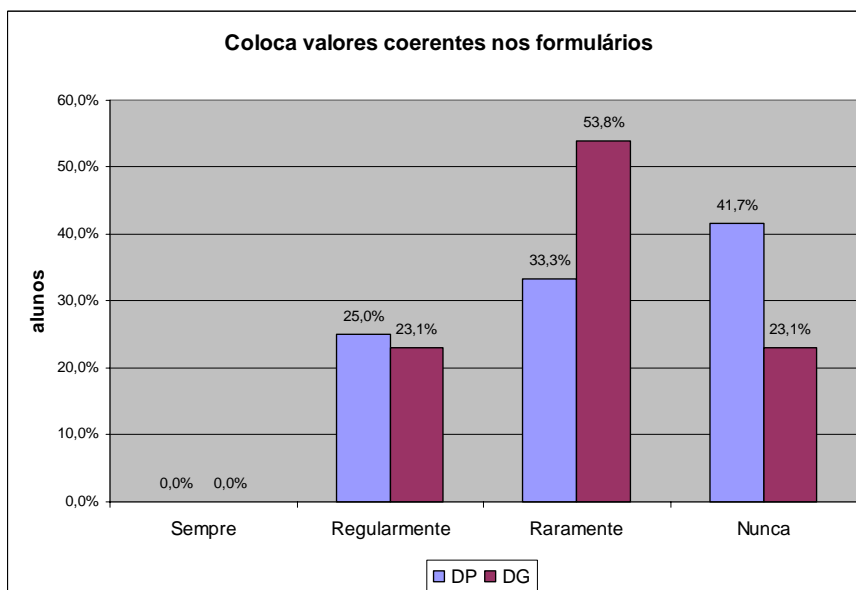
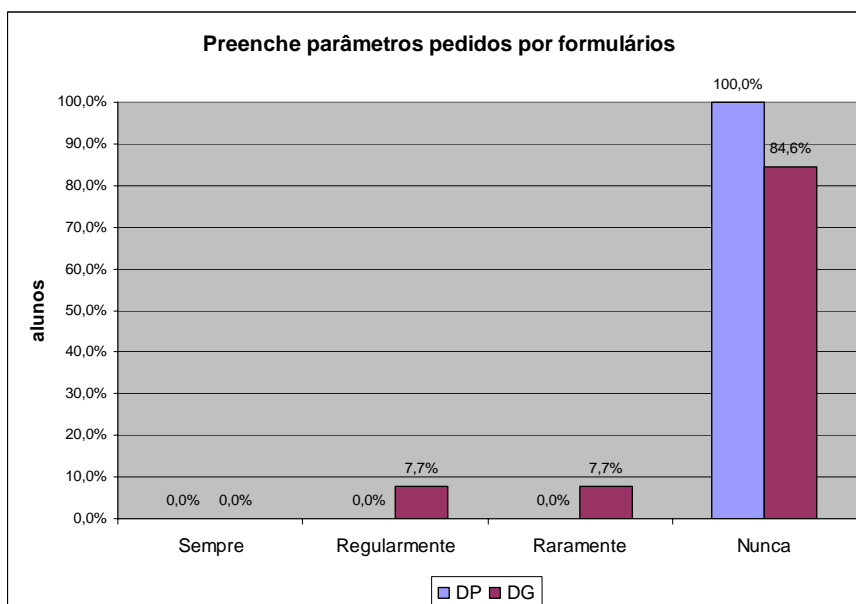
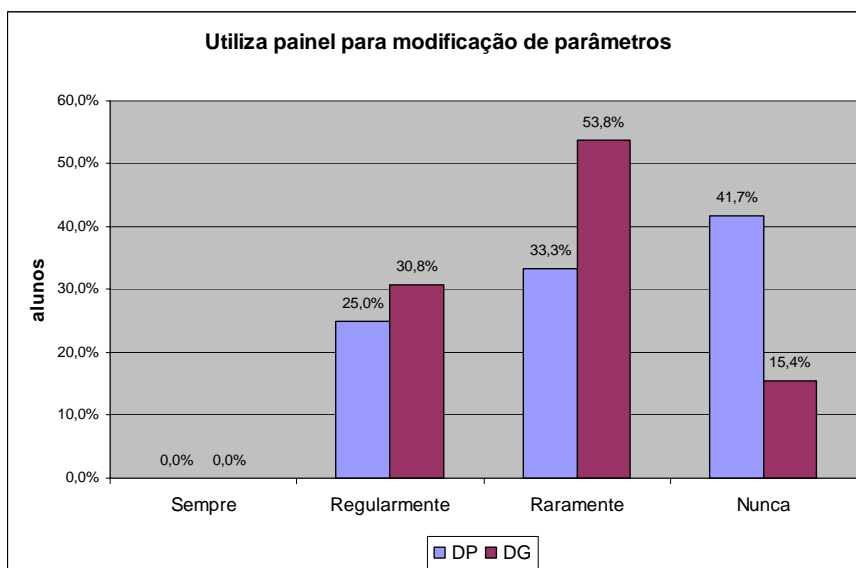
<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza painel para modificação de parâmetros
B	Preenche parâmetros pedidos por formulários
C	Coloca valores coerentes nos formulários
D	Efectua cópia de objectos
E	Revela preocupações com a colocação espacial dos objectos
F	Posiciona incorrectamente os objectos
G	Rectifica posição mais tarde
H	Revela dificuldade em apagar objectos
I	Dificuldade em perceber a lógica de modificação

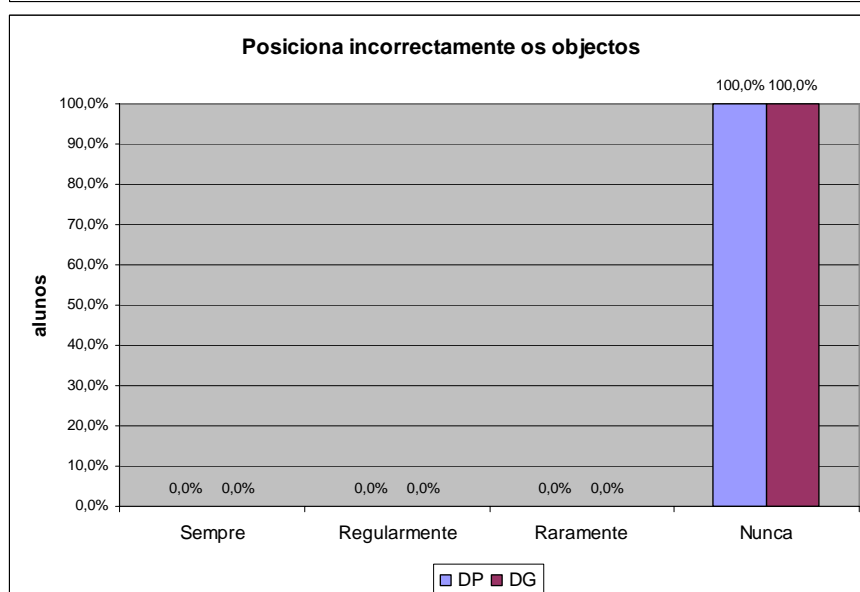
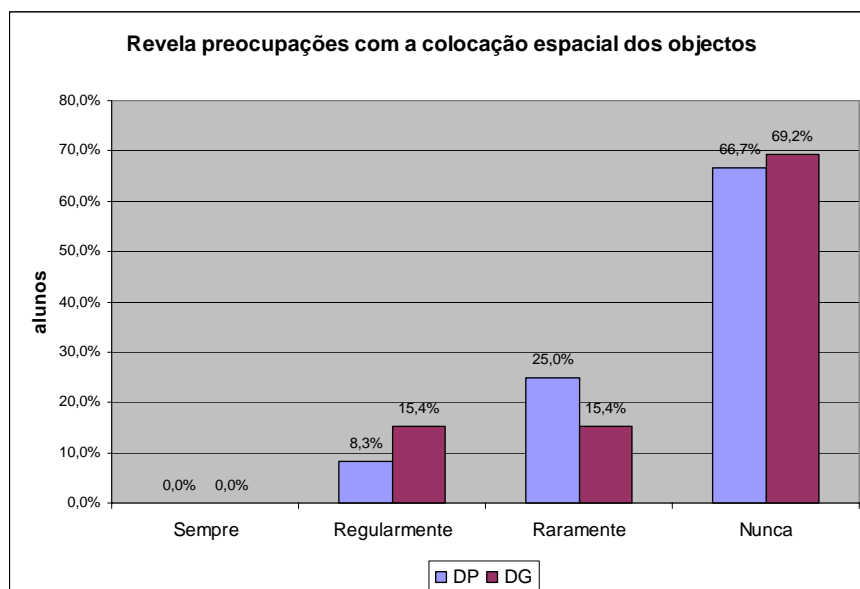
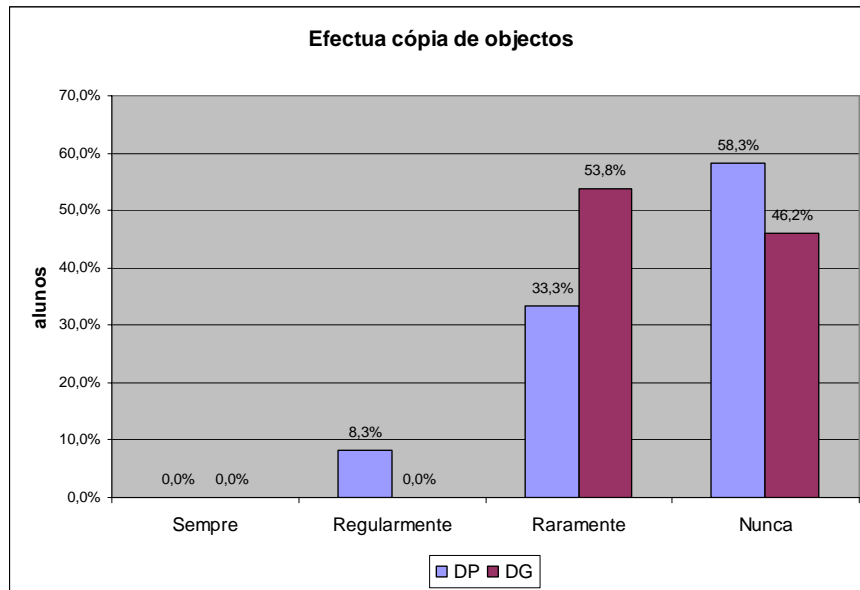
**Quadro Anexo\_D- 21 – Operacionalidade na modificação de objectos - *SolidWorks* – Grupo (DP)**

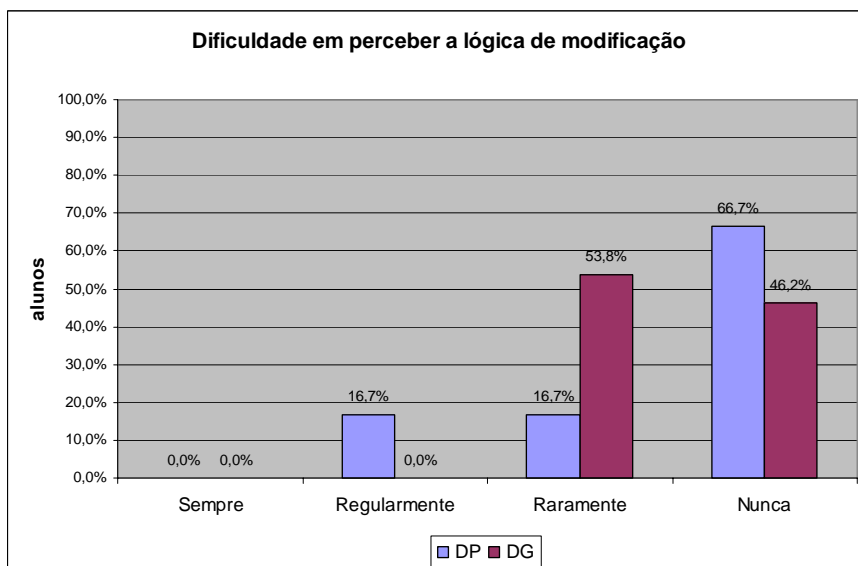
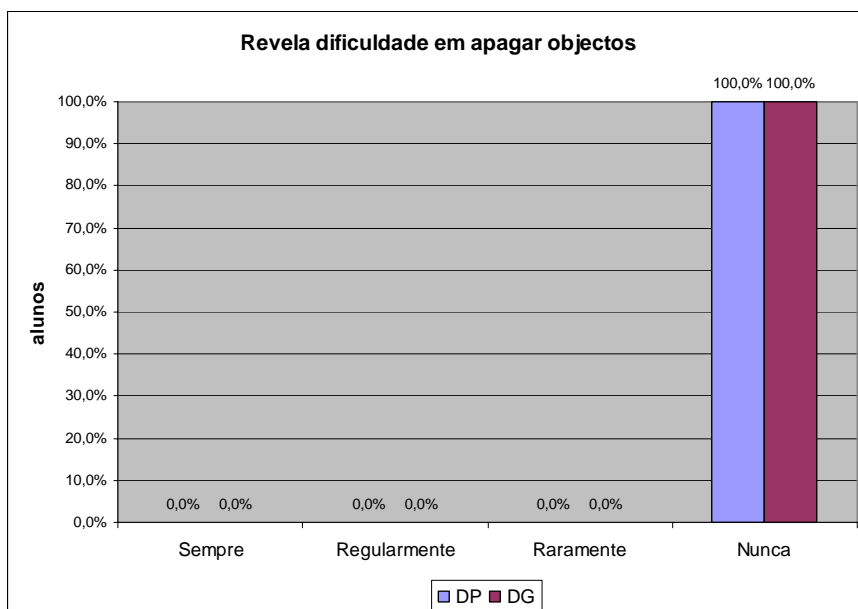
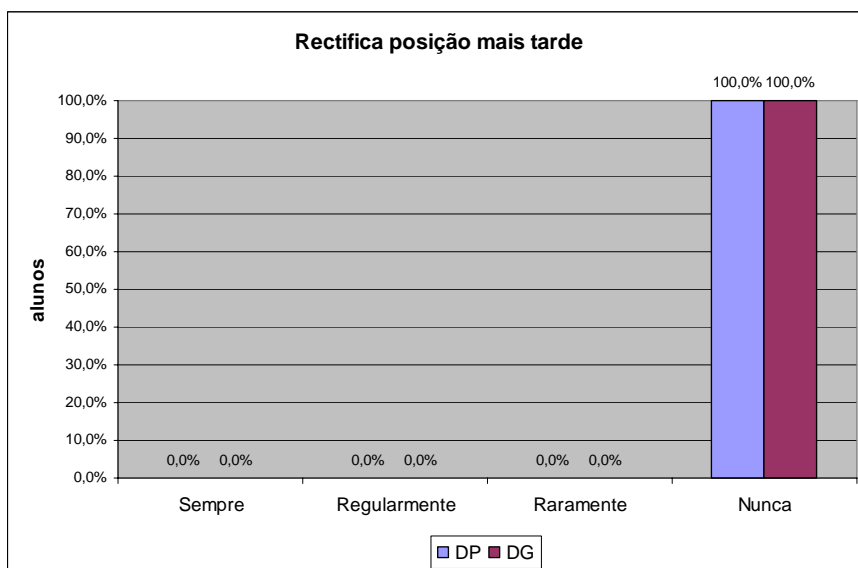
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	25,0%	33,3%	41,7%
B	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
C	0,0%	25,0%	33,3%	41,7%
D	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
E	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
I	0,0%	16,7%	16,7%	66,7%

**Quadro Anexo\_D- 22 – Operacionalidade na modificação de objectos - *SolidWorks* – Grupo (DG)**

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	30,8%	53,8%	15,4%
B	0,0%	7,7%	7,7%	84,6%
C	0,0%	23,1%	53,8%	23,1%
D	0,0%	0,0%	53,8%	46,2%
E	0,0%	15,4%	15,4%	69,2%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
I	0,0%	0,0%	53,8%	46,2%







## 1.4.5 Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos

### 1.4.5.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 23 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos

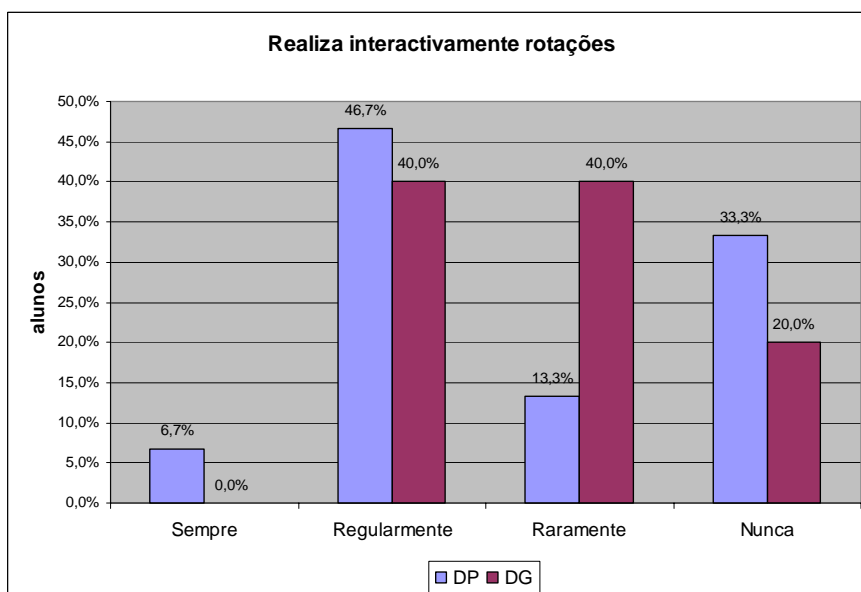
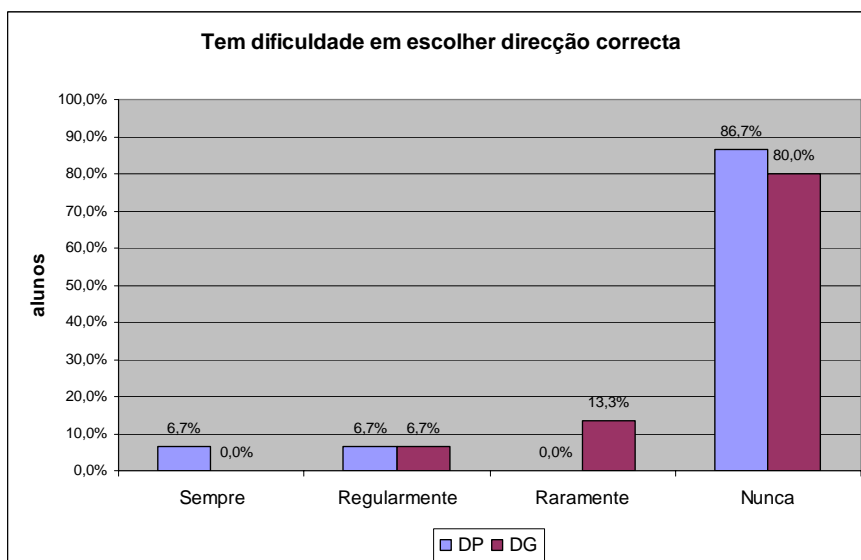
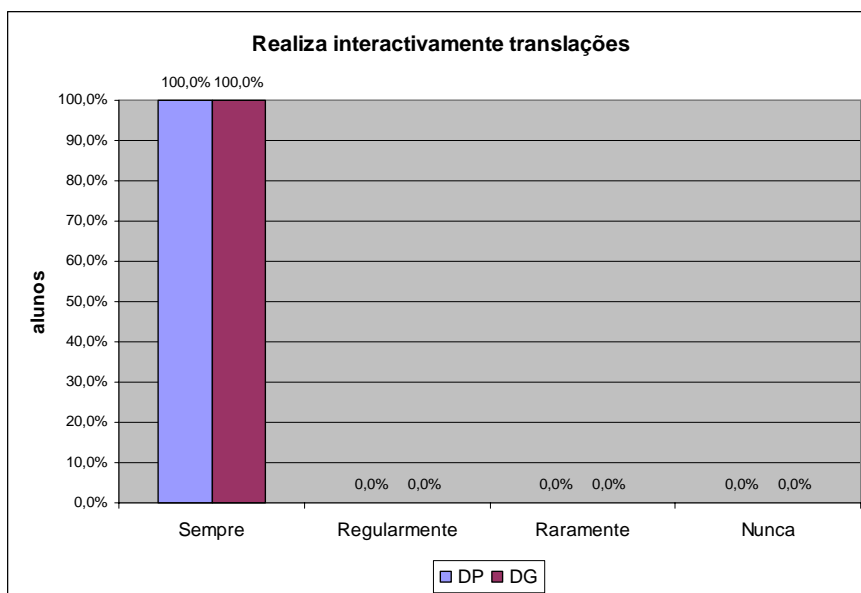
Comportamentos observados	
A	Realiza interactivamente translações
B	Tem dificuldade em escolher direcção correcta
C	Realiza interactivamente rotações
D	Tem dificuldade em escolher eixo adequado
E	Realiza correctamente alterações de escala
F	Tem dificuldade em ajustar escala

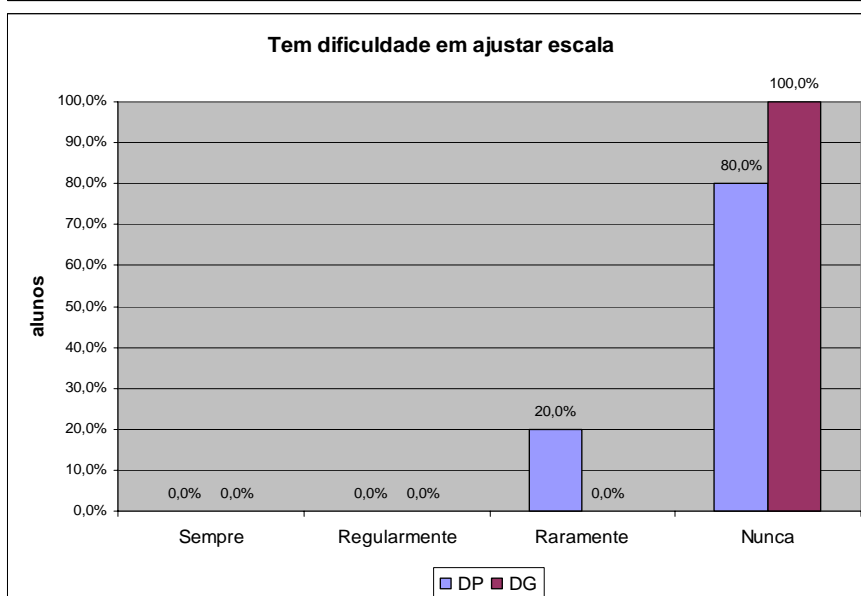
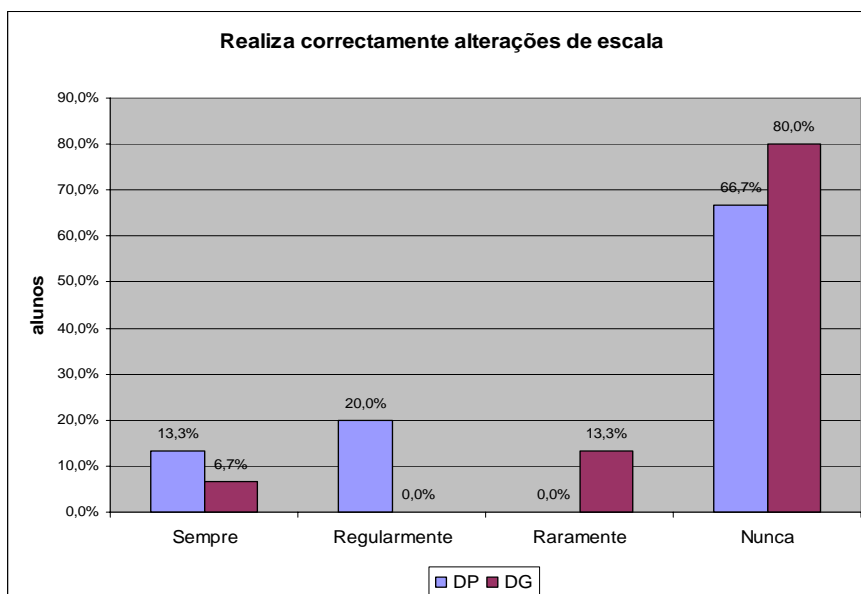
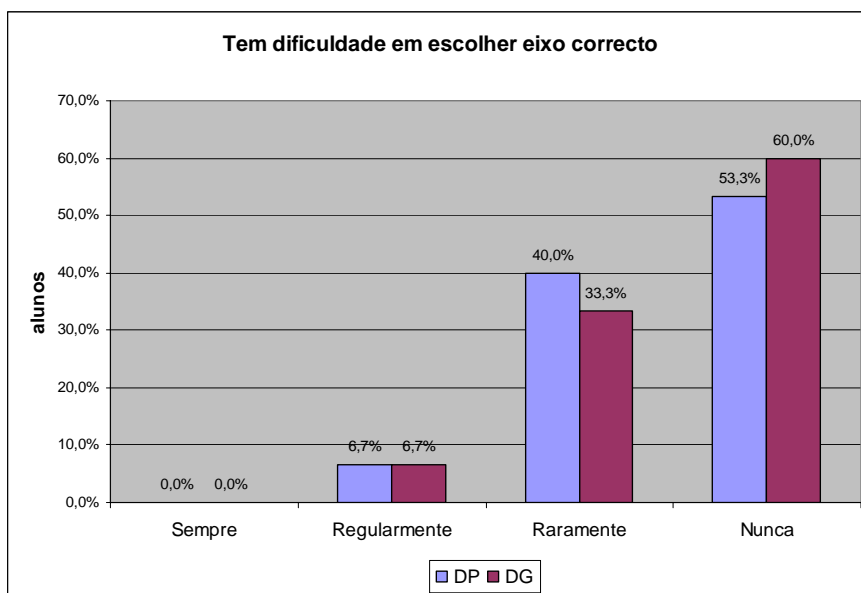
Quadro Anexo\_D- 24 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos - 3D Studio MAX – Grupo (DP)

GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
B	6,7%	6,7%	0,0%	86,7%
C	6,7%	46,7%	13,3%	33,3%
D	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
E	13,3%	20,0%	0,0%	66,7%
F	0,0%	0,0%	20,0%	80,0%

Quadro Anexo\_D- 25 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos - 3D Studio MAX – Grupo (DG)

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
B	0,0%	6,7%	13,3%	80,0%
C	0,0%	40,0%	40,0%	20,0%
D	0,0%	6,7%	33,3%	60,0%
E	6,7%	0,0%	13,3%	80,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%





### 1.4.5.2 *SolidWorks*

**Quadro Anexo\_D- 26 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos**

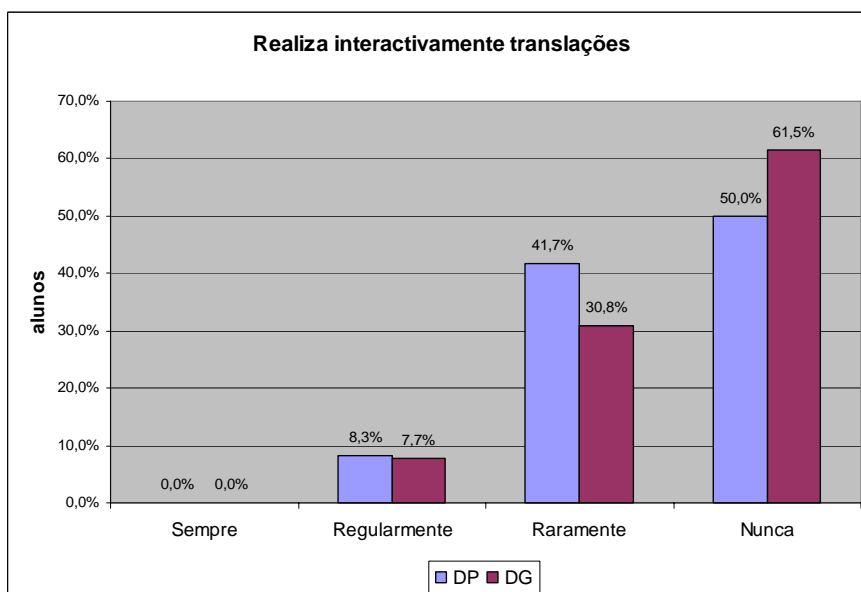
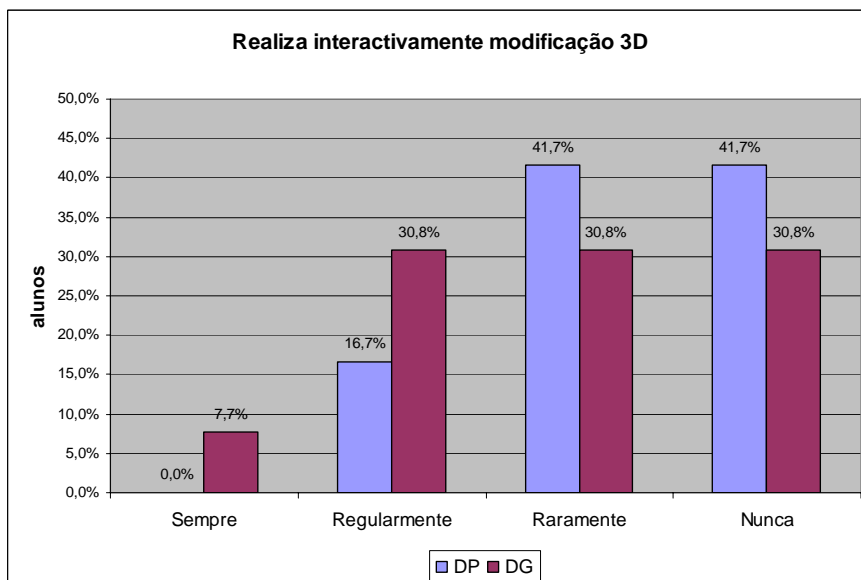
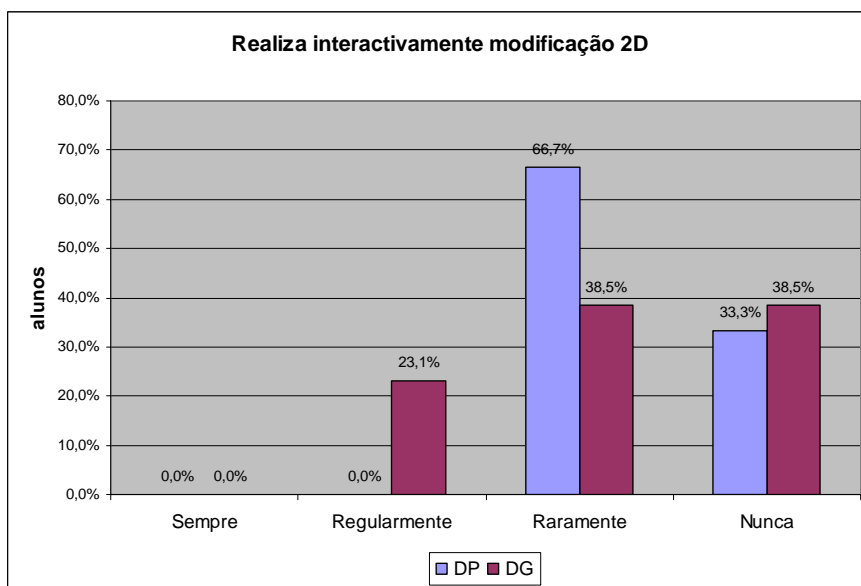
<b>Comportamentos observados</b>	
A	Realiza interactivamente modificação 2D
B	Realiza interactivamente modificação 3D
C	Realiza interactivamente translações
D	Tem dificuldade em escolher direcção adequada
E	Realiza interactivamente rotações
F	Tem dificuldade em escolher eixo adequado
G	Realiza correctamente alterações de escala
H	Tem dificuldade em ajustar escala

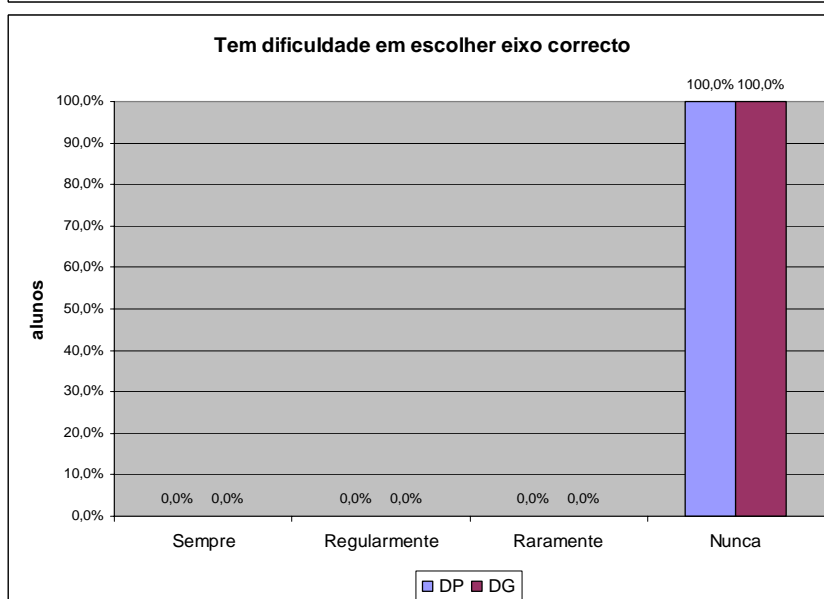
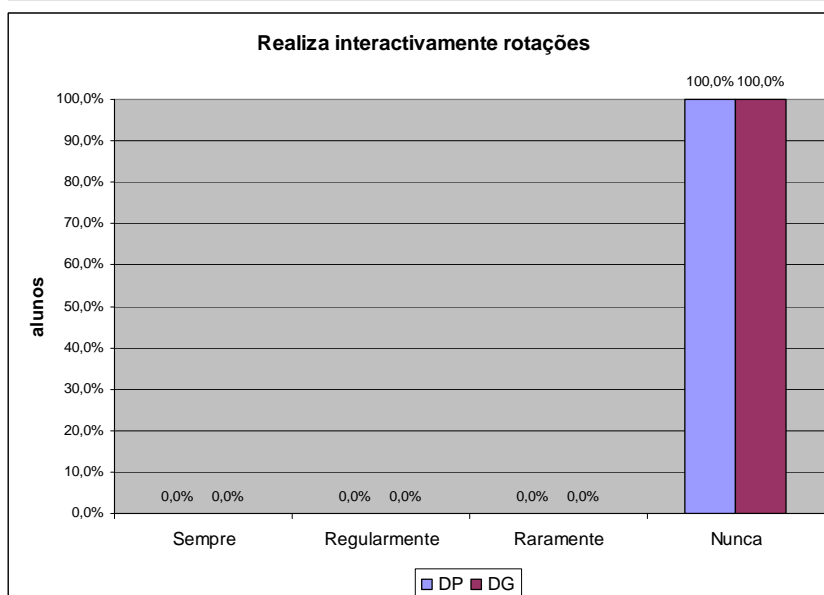
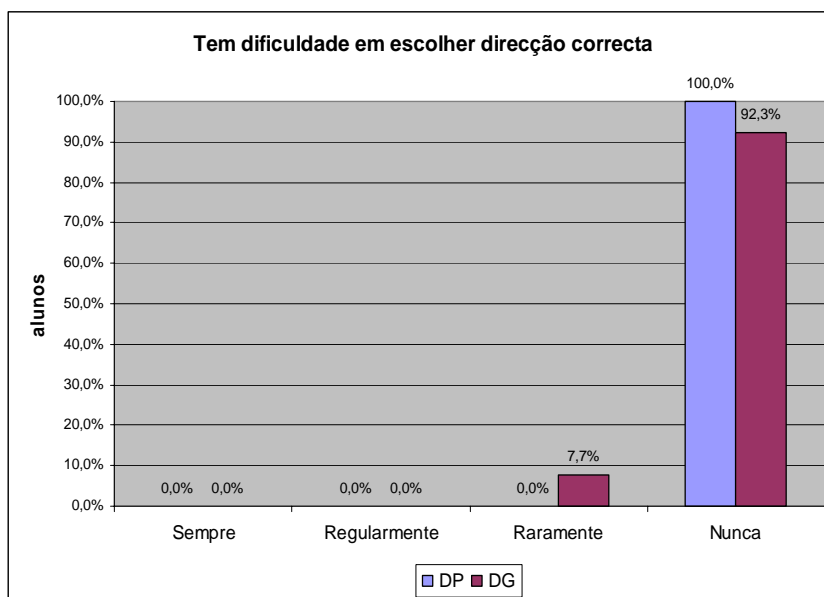
**Quadro Anexo\_D- 27 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos - *SolidWorks* – Grupo (DP)**

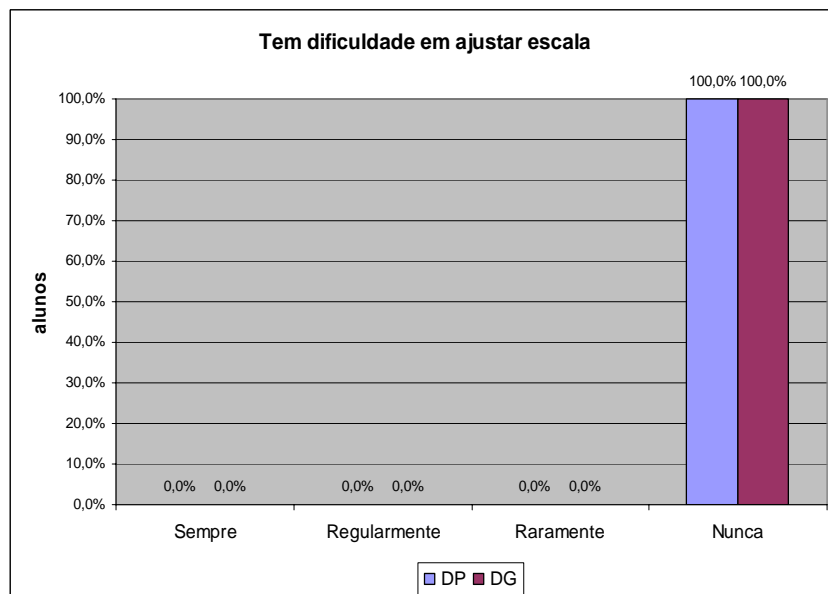
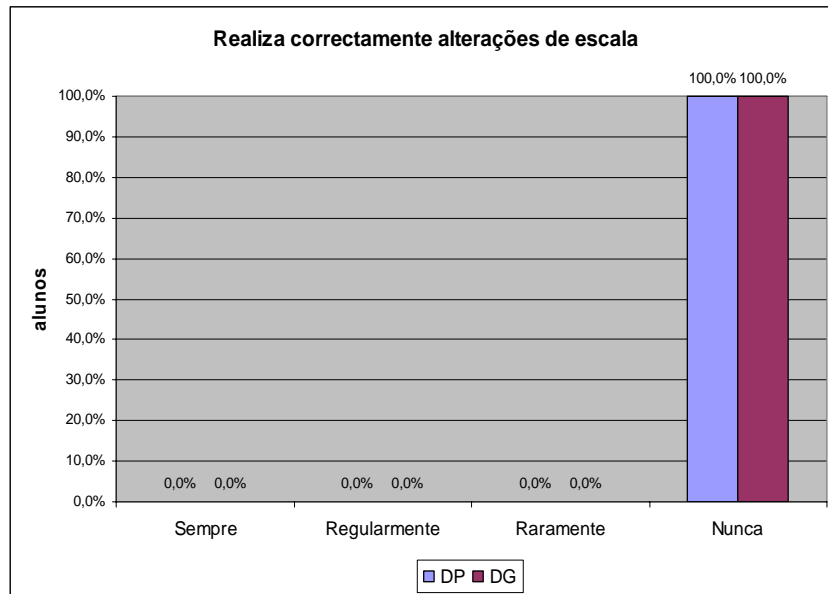
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	0,0%	66,7%	33,3%
B	0,0%	16,7%	41,7%	41,7%
C	0,0%	8,3%	41,7%	50,0%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

**Quadro Anexo\_D- 28 – Operacionalidade na manipulação dinâmica de objectos - *SolidWorks* – Grupo (DG)**

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	23,1%	38,5%	38,5%
B	7,7%	30,8%	30,8%	30,8%
C	0,0%	7,7%	30,8%	61,5%
D	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
G	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
H	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%







## 1.4.6 Recurso a técnicas de visualização 3D

### 1.4.6.1 3D Studio MAX

#### Quadro Anexo\_D- 29 – Recurso a técnicas de visualização 3D

---

<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos
B	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente em modificação de objectos
C	Selecciona vista (plano) de trabalho adequada
D	Revela dificuldade na selecção de vistas
E	Revela dificuldade na interpretação da posição dos objectos nas vistas
F	Cria objectos na vista 3D
G	Utiliza técnicas de visualização 3D de forma coerente
H	Utiliza visualização 3D quando seria adequado (construção)
I	Utiliza técnicas de visualização ( <i>zoom</i> e <i>pan</i> )
J	Utiliza botões do rato para operações de visualização
L	Revela sensação de perdido no espaço

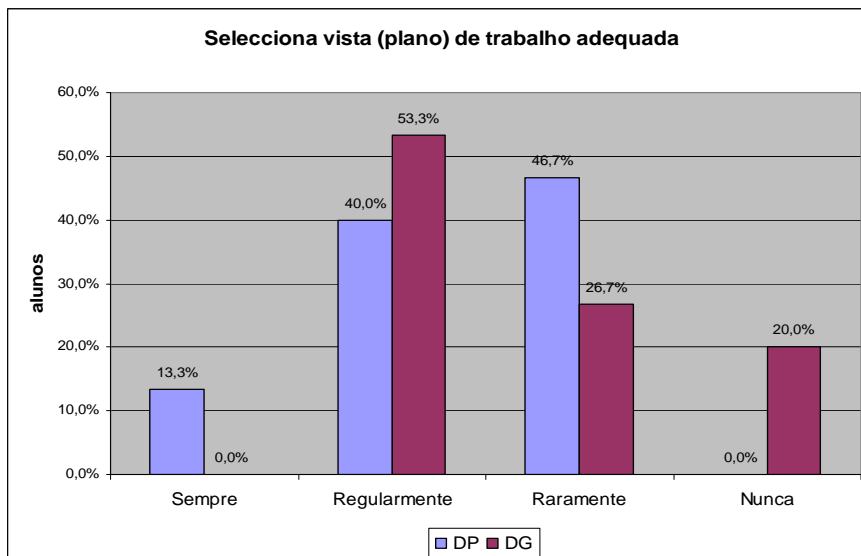
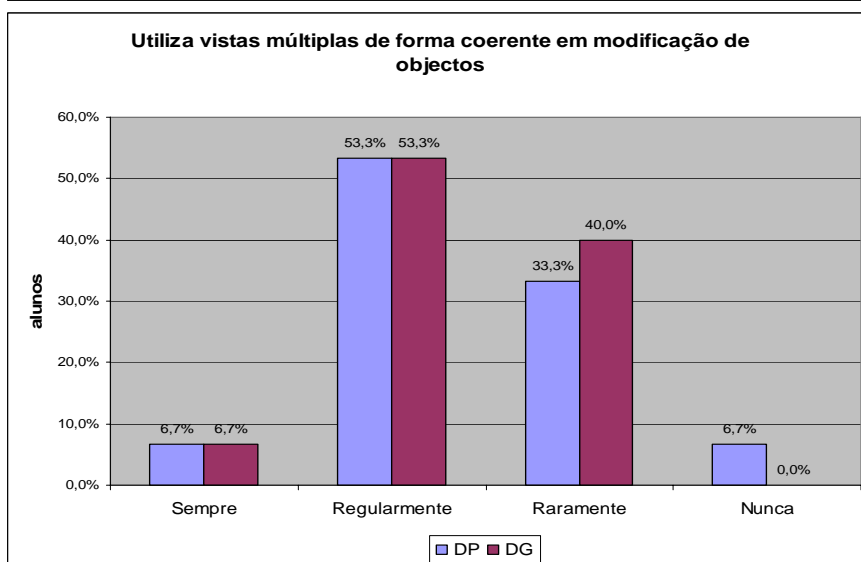
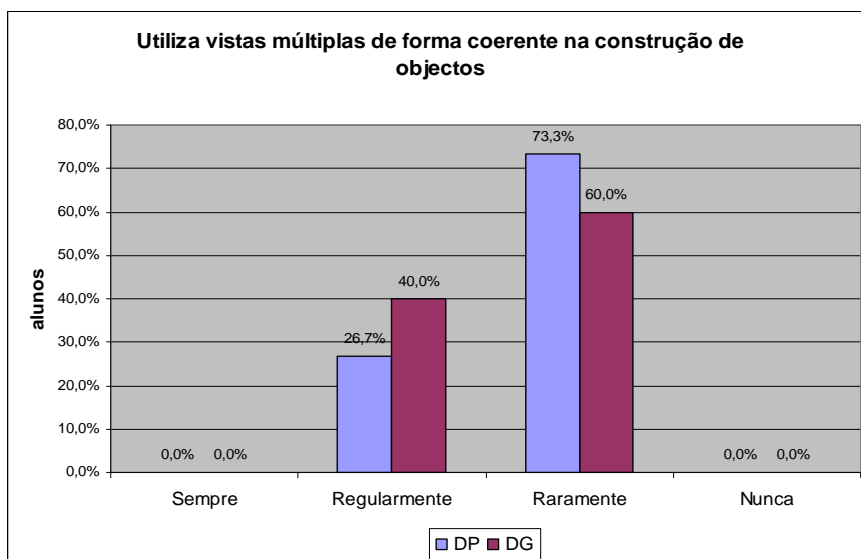
---

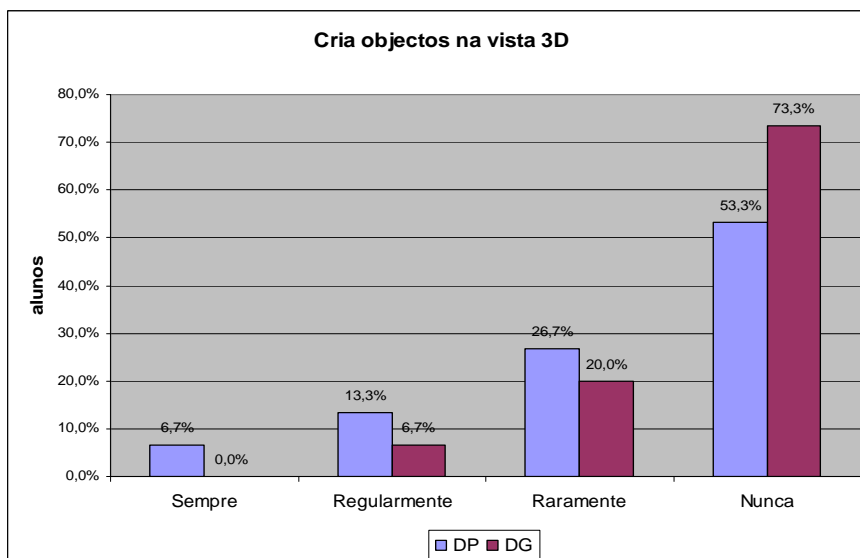
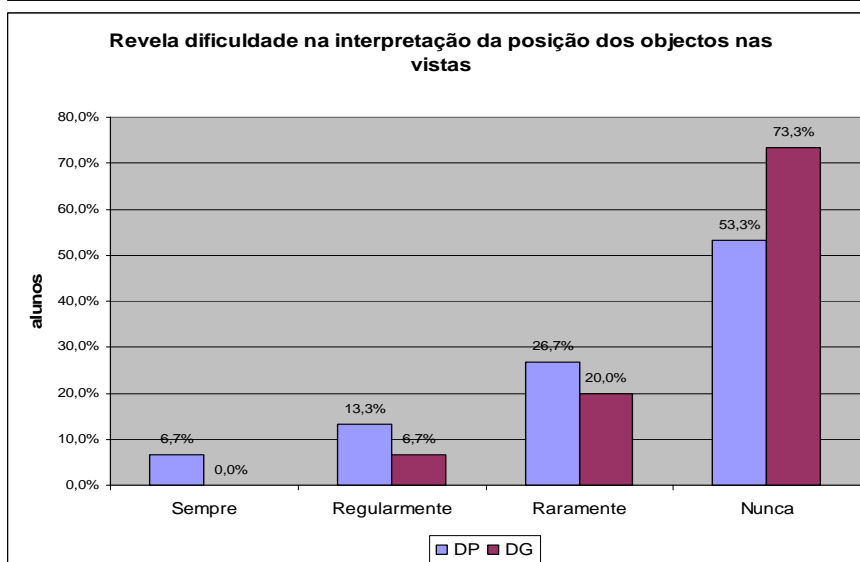
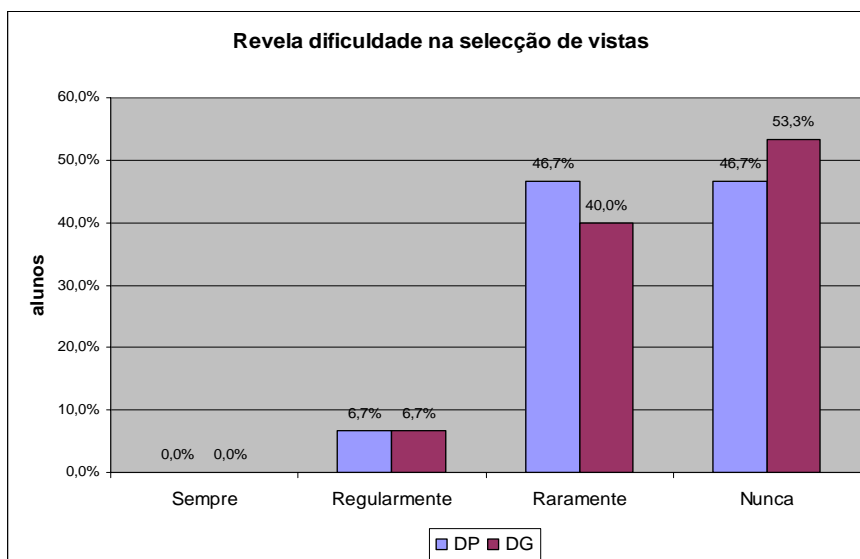
**Quadro Anexo\_D- 30 – Recurso a técnicas de visualização 3D - 3D Studio MAX – Grupo (DP)**

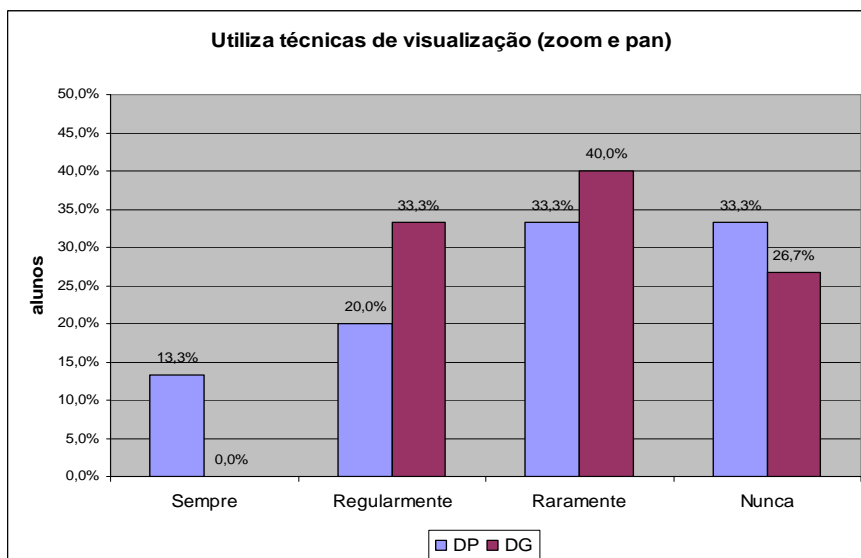
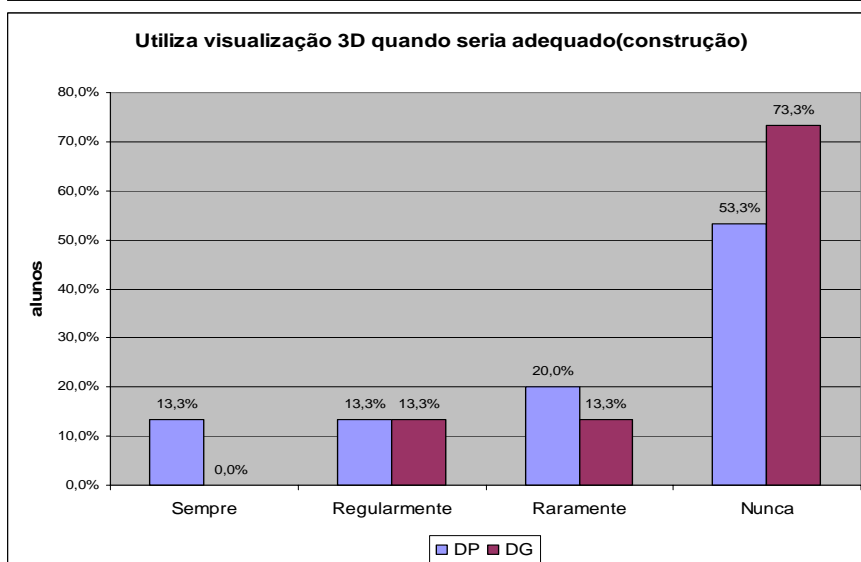
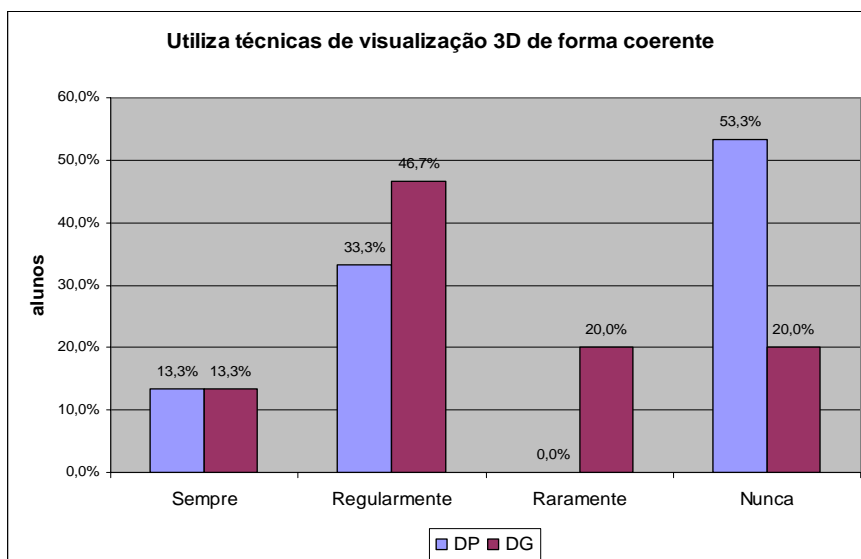
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	26,7%	73,3%	0,0%
B	6,7%	53,3%	33,3%	6,7%
C	13,3%	40,0%	46,7%	0,0%
D	0,0%	6,7%	46,7%	46,7%
E	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
F	20,0%	20,0%	20,0%	40,0%
G	13,3%	33,3%	0,0%	53,3%
H	13,3%	13,3%	20,0%	53,3%
I	13,3%	20,0%	33,3%	33,3%
J	0,0%	20,0%	40,0%	40,0%
L	6,7%	6,7%	26,7%	60,0%

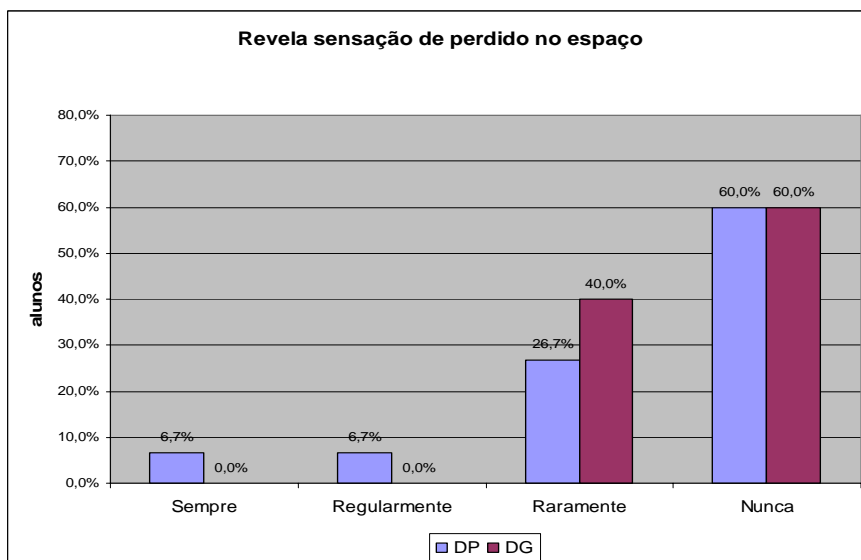
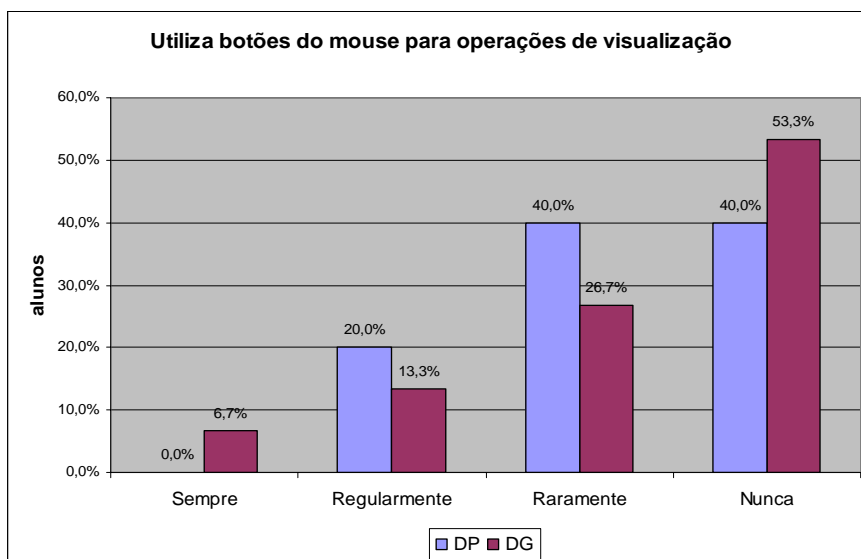
**Quadro Anexo\_D- 31 – Recurso a técnicas de visualização 3D - 3D Studio MAX – Grupo (DG)**

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	40,0%	60,0%	0,0%
B	6,7%	53,3%	40,0%	0,0%
C	0,0%	53,3%	26,7%	20,0%
D	0,0%	6,7%	40,0%	53,3%
E	0,0%	6,7%	20,0%	73,3%
F	6,7%	33,3%	53,3%	6,7%
G	13,3%	46,7%	20,0%	20,0%
H	0,0%	13,3%	13,3%	73,3%
I	0,0%	33,3%	40,0%	26,7%
J	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
L	0,0%	0,0%	40,0%	60,0%









### 1.4.6.2 *SolidWorks*

**Quadro Anexo\_D- 32 – Recurso a técnicas de visualização 3D**

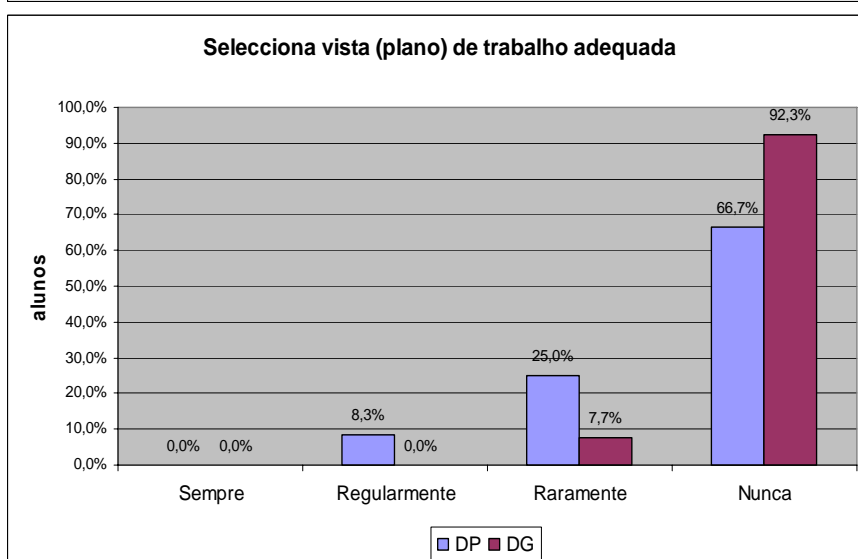
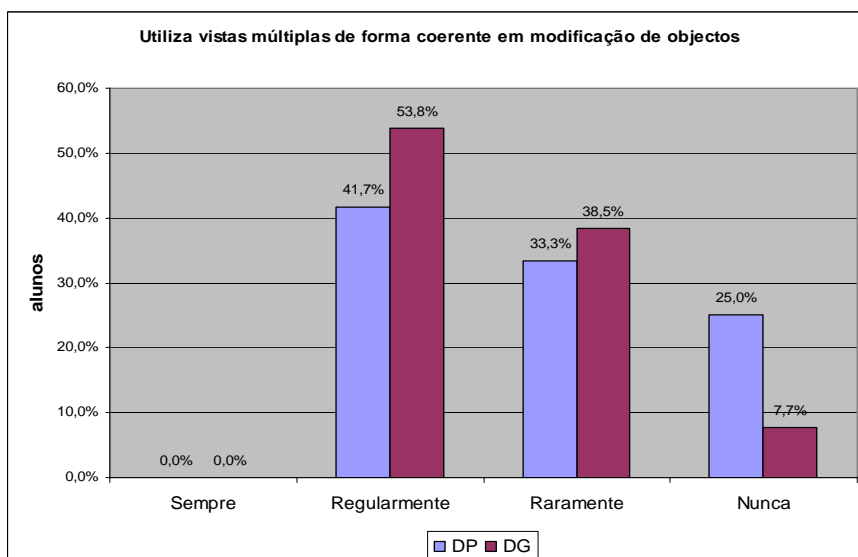
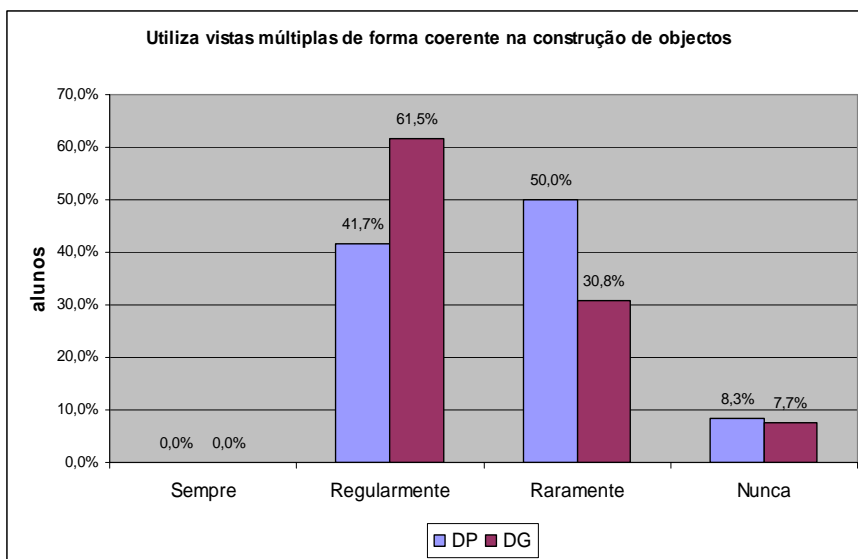
<b>Comportamentos observados</b>	
A	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente na construção de objectos
B	Utiliza vistas múltiplas de forma coerente em modificação de objectos
C	Selecciona vista (plano) de trabalho adequada
D	Revela dificuldade na selecção de vistas
E	Revela dificuldade na interpretação da posição dos objectos nas vistas
F	Cria objectos na vista 3D
G	Utiliza técnicas de visualização 3D de forma coerente
H	Utiliza técnicas de visualização ( <i>zoom</i> e <i>pan</i> )
I	Utiliza botões do rato para operações de visualização
J	Revela sensação de perdido no espaço

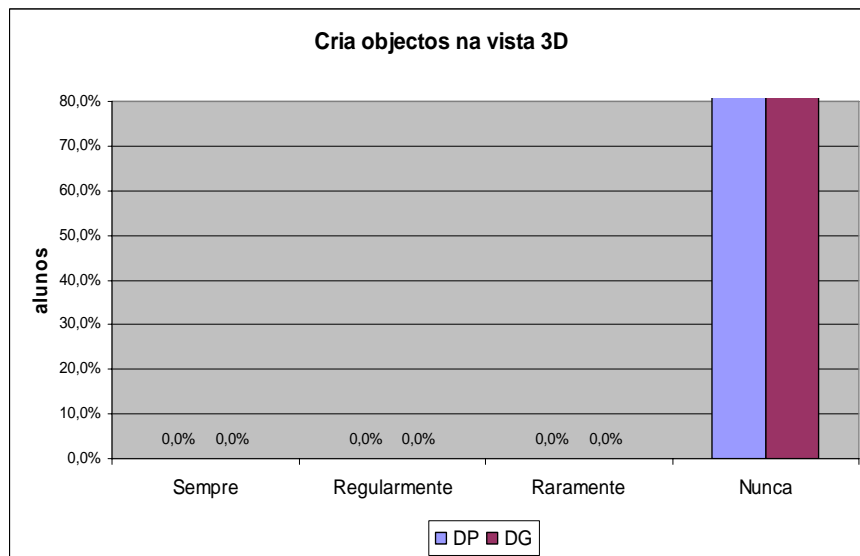
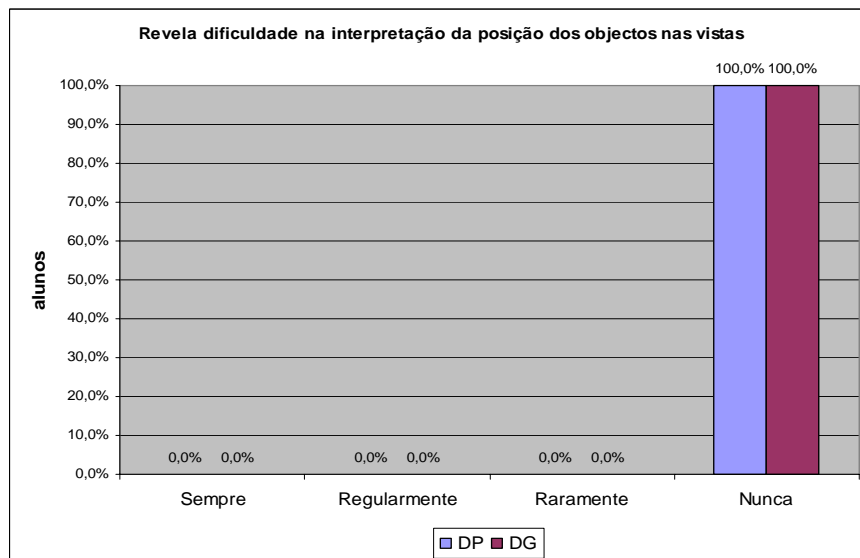
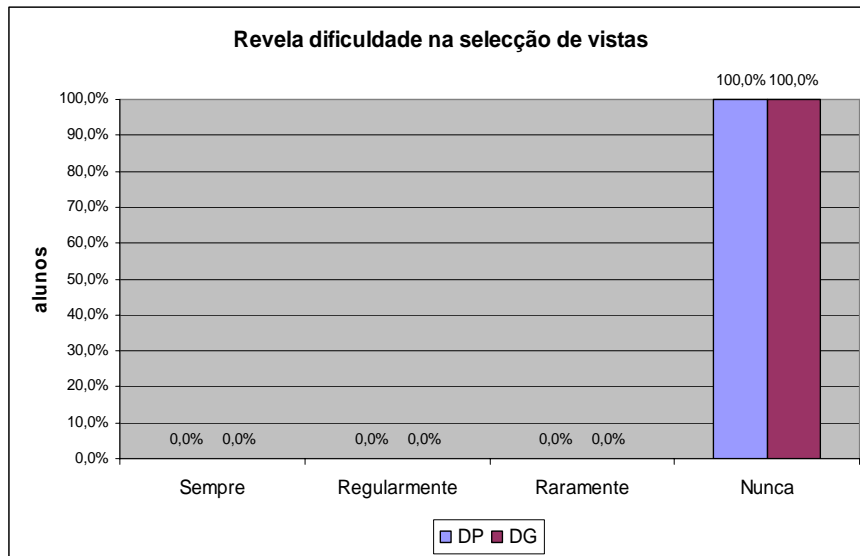
**Quadro Anexo\_D- 33 – Recurso a técnicas de visualização 3D - *SoldsWorks* – Grupo (DP)**

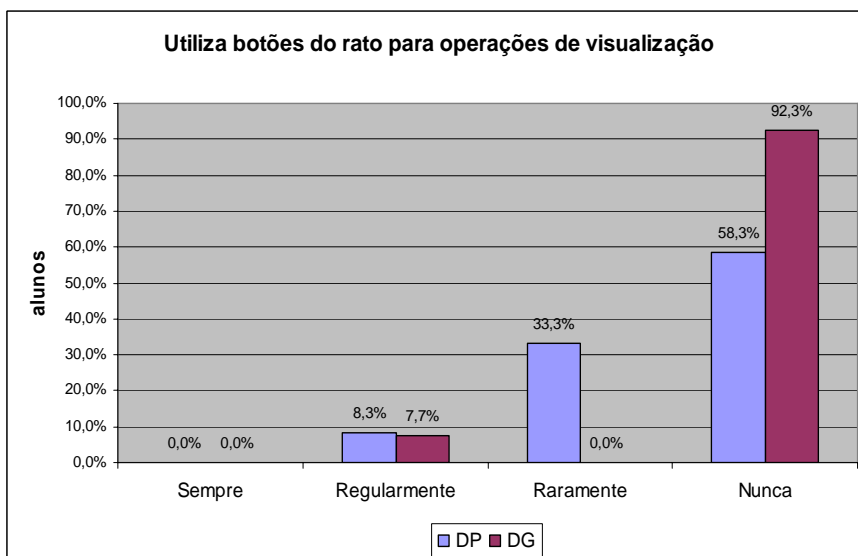
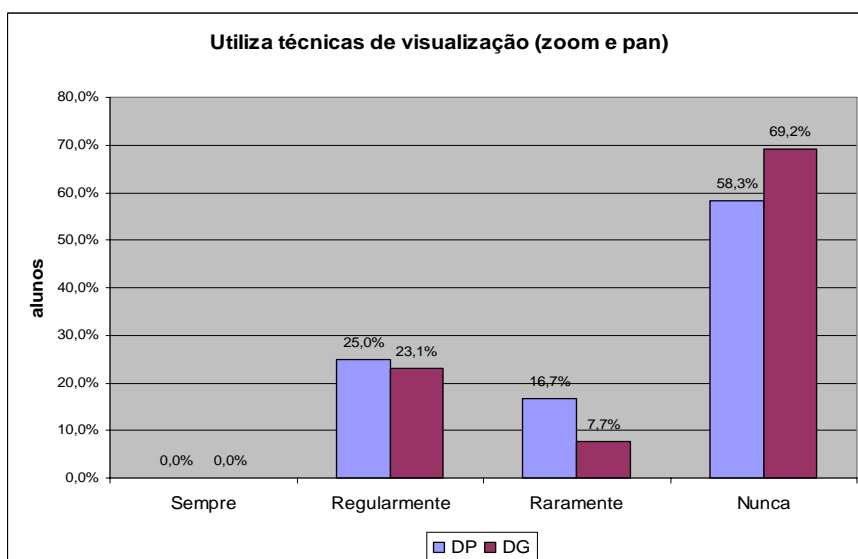
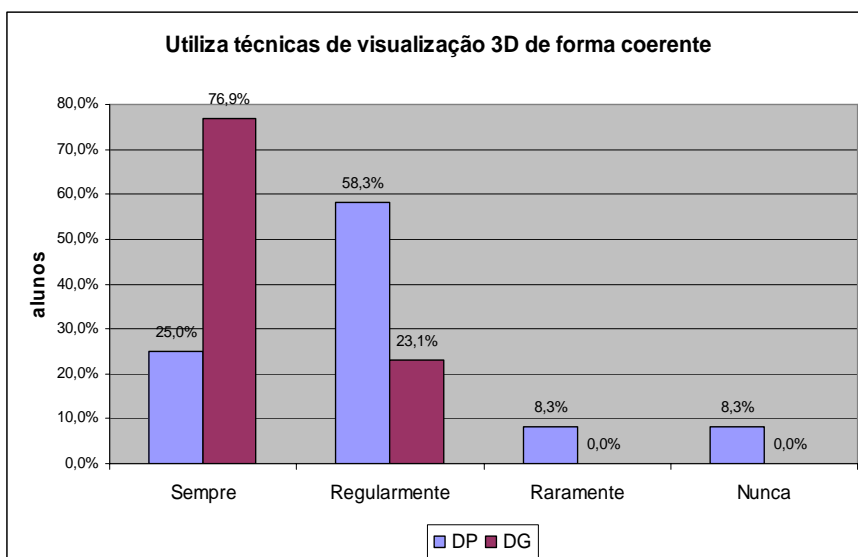
GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	41,7%	50,0%	8,3%
B	0,0%	41,7%	33,3%	25,0%
C	0,0%	8,3%	25,0%	66,7%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	8,3%	91,7%
G	25,0%	58,3%	8,3%	8,3%
H	0,0%	25,0%	16,7%	58,3%
I	0,0%	8,3%	33,3%	58,3%
J	0,0%	0,0%	8,3%	91,7%

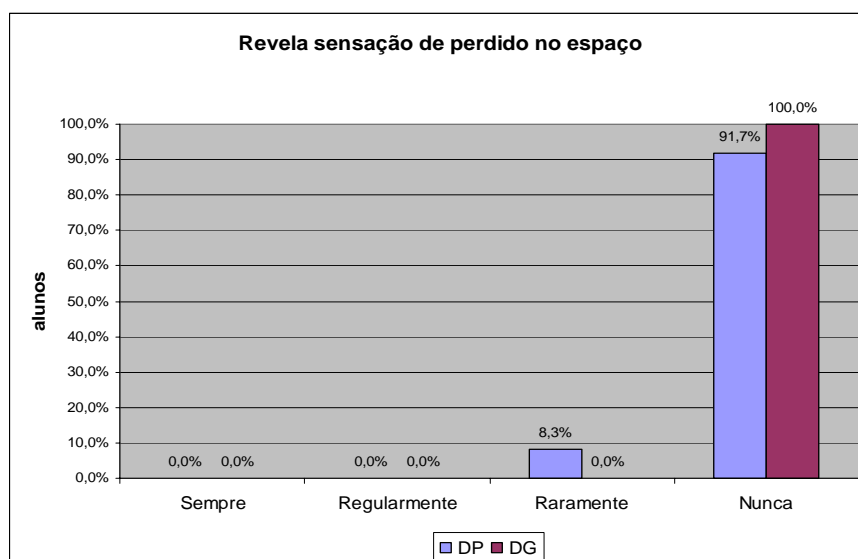
**Quadro Anexo\_D- 34 – Recurso a técnicas de visualização 3D - *SolidWorks* – Grupo (DG)**

GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)				
	Sempre	Regularmente	Raramente	Nunca
A	0,0%	61,5%	30,8%	7,7%
B	0,0%	53,8%	38,5%	7,7%
C	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
D	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
E	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F	0,0%	0,0%	7,7%	92,3%
G	76,9%	23,1%	0,0%	0,0%
H	0,0%	23,1%	7,7%	69,2%
I	0,0%	7,7%	0,0%	92,3%
J	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%





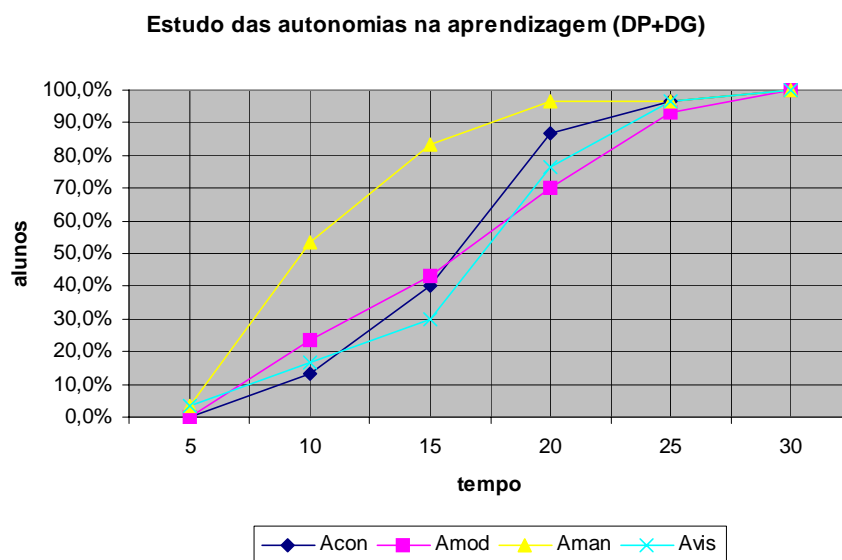




## 1.5 Autonomias na aprendizagem 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 35 – Autonomias na aprendizagem - 3D Studio MAX – Grupos (DP+DG)

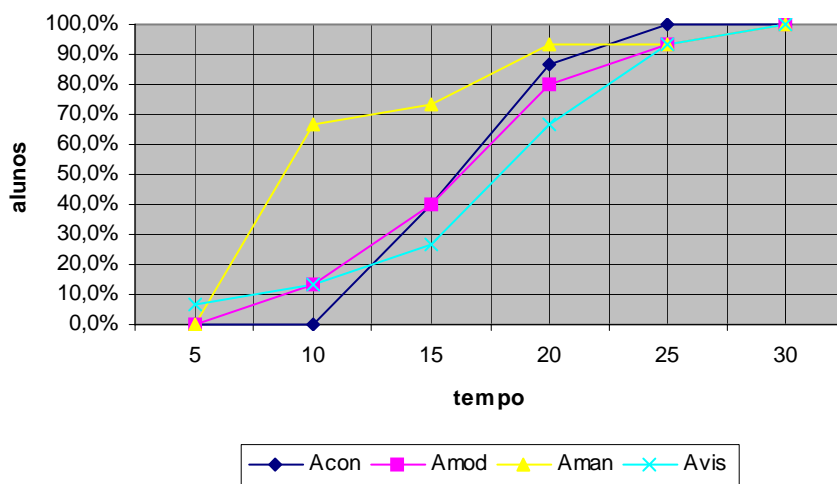
t	CONJUNTO DOS GRUPOS DESIGN (DP+DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	3,3%	3,3%
10	13,3%	23,3%	53,3%	16,7%
15	40,0%	43,3%	83,3%	30,0%
20	86,7%	70,0%	96,7%	76,7%
25	96,7%	93,3%	96,7%	96,7%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



**Quadro Anexo\_D- 36 – Autonomias na aprendizagem - 3D Studio MAX – Grupos (DP)**

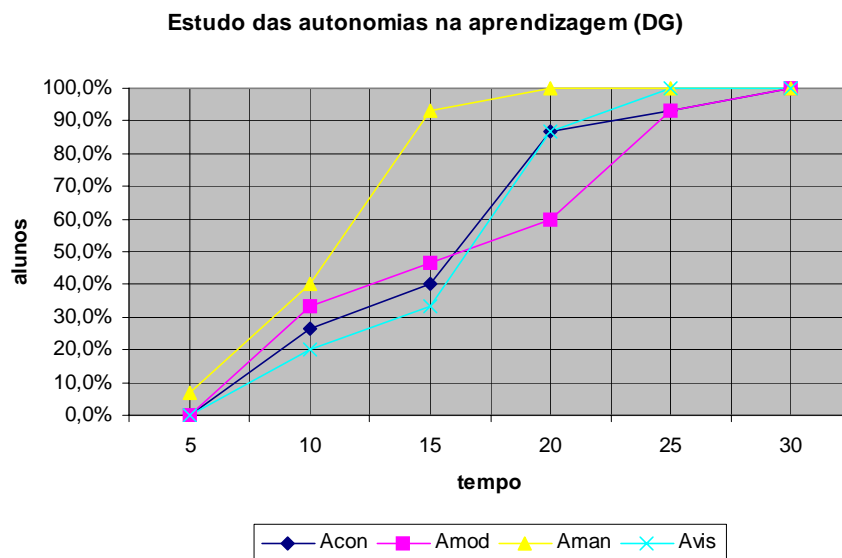
t	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%
10	0,0%	13,3%	66,7%	13,3%
15	40,0%	40,0%	73,3%	26,7%
20	86,7%	80,0%	93,3%	66,7%
25	100,0%	93,3%	93,3%	93,3%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

**Estudo das autonomias na aprendizagem (DP)**



**Quadro Anexo\_D- 37 – Autonomias na aprendizagem - 3D Studio MAX – Grupos (DG)**

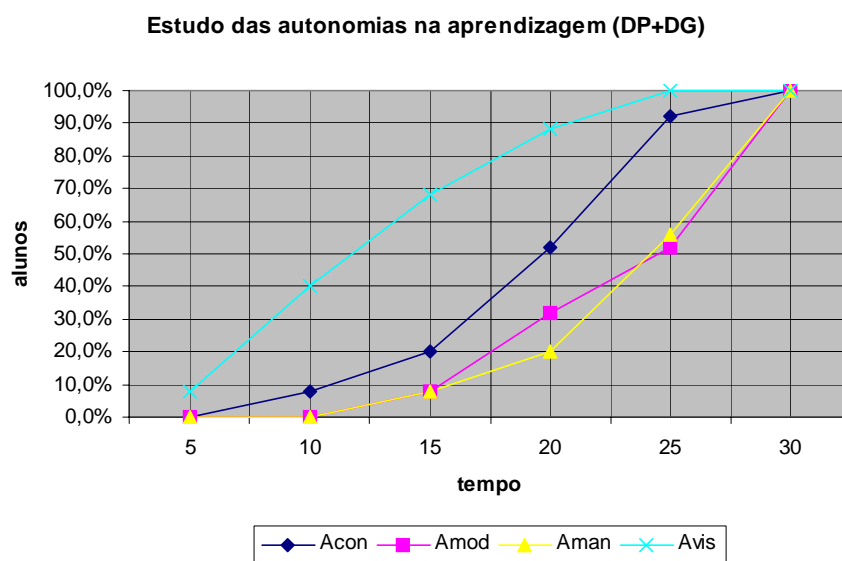
t	GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%
10	26,7%	33,3%	40,0%	20,0%
15	40,0%	46,7%	93,3%	33,3%
20	86,7%	60,0%	100,0%	86,7%
25	93,3%	93,3%	100,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



## 1.6 Autonomias na aprendizagem *SolidWorks*

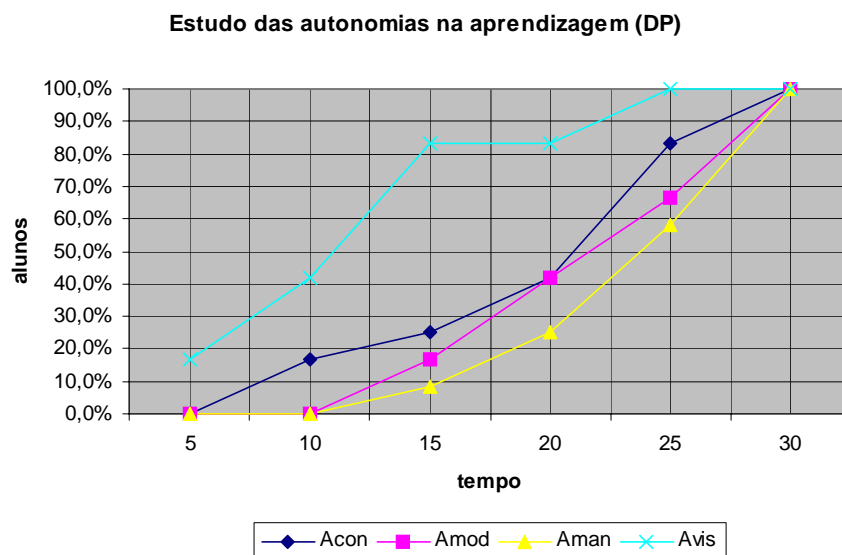
Quadro Anexo\_D- 38 – Autonomias na aprendizagem - *SolidWorks* – Grupos (DP+DG)

t	CONJUNTO DOS GRUPOS DESIGN (DP+DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	8,0%
10	8,0%	0,0%	0,0%	40,0%
15	20,0%	8,0%	8,0%	68,0%
20	52,0%	32,0%	20,0%	88,0%
25	92,0%	52,0%	56,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



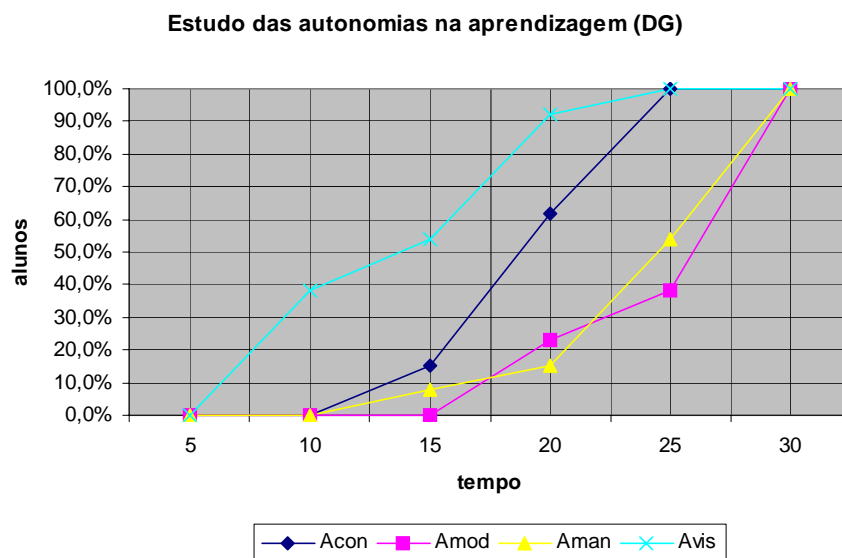
**Quadro Anexo\_D- 39 – Autonomias na aprendizagem - SolidWorks – Grupos (DP)**

t	GRUPO DESIGN DE PRODUTO (DP)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%
10	16,7%	0,0%	0,0%	41,7%
15	25,0%	16,7%	8,3%	83,3%
20	41,7%	41,7%	25,0%	83,3%
25	83,3%	66,7%	58,3%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



**Quadro Anexo\_D- 40 – Autonomias na aprendizagem - SolidWorks – Grupos (DG)**

t	GRUPO DESIGN GRÁFICO (DG)			
	Acon	Amod	Aman	Avis
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%	0,0%	38,5%
15	15,4%	0,0%	7,7%	53,8%
20	61,5%	23,1%	15,4%	92,3%
25	100,0%	38,5%	53,8%	100,0%
30	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



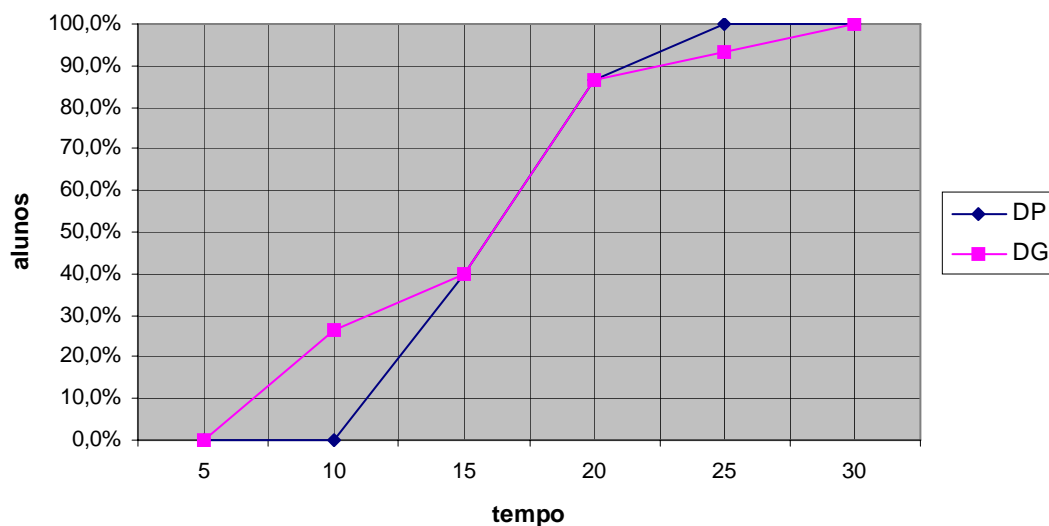
## 1.6.1 Autonomia na construção de objectos

### 1.6.1.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 41 – Estudo comparado - 3D Studio MAX – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	16,7%	0,0%
15	25,0%	15,4%
20	41,7%	61,5%
25	83,3%	100,0%
30	100,0%	100,0%

**Autonomia na construção de objectos**

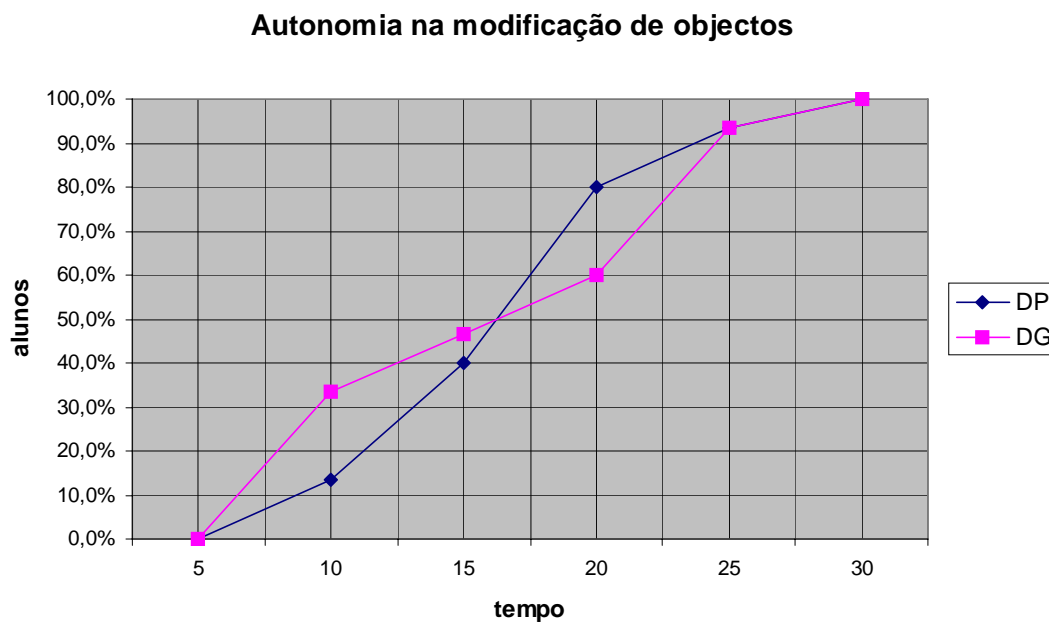


## 1.6.2 Autonomia na modificação de objectos

### 1.6.2.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 42 – Estudo comparado - 3D Studio MAX – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%
15	16,7%	0,0%
20	41,7%	23,1%
25	66,7%	38,5%
30	100,0%	100,0%



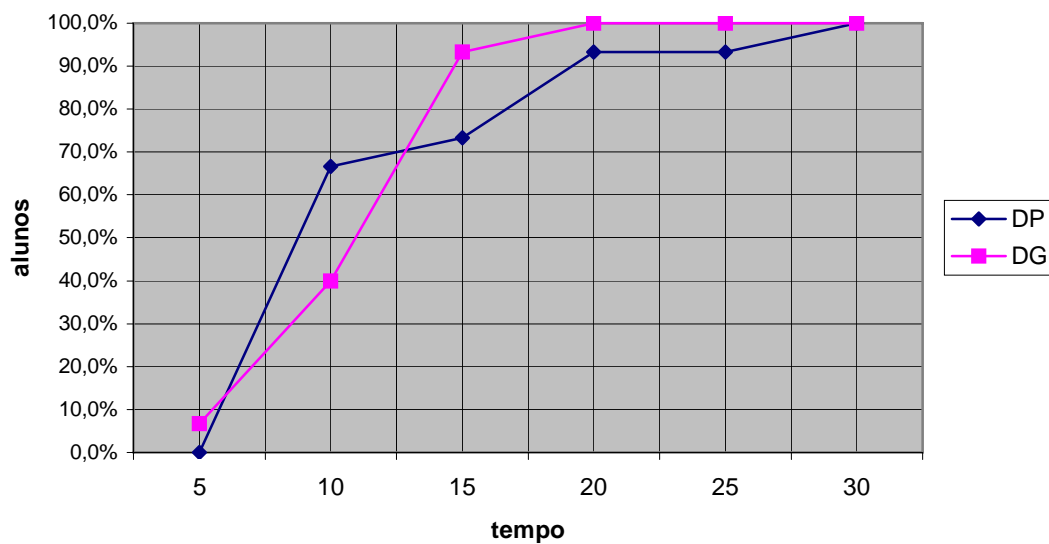
### 1.6.3 Autonomia na manipulação de objectos

#### 1.6.3.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 43 – Estudo comparado - 3D Studio MAX – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%
15	8,3%	7,7%
20	25,0%	15,4%
25	58,3%	53,8%
30	100,0%	100,0%

Autonomia na manipulação de objectos

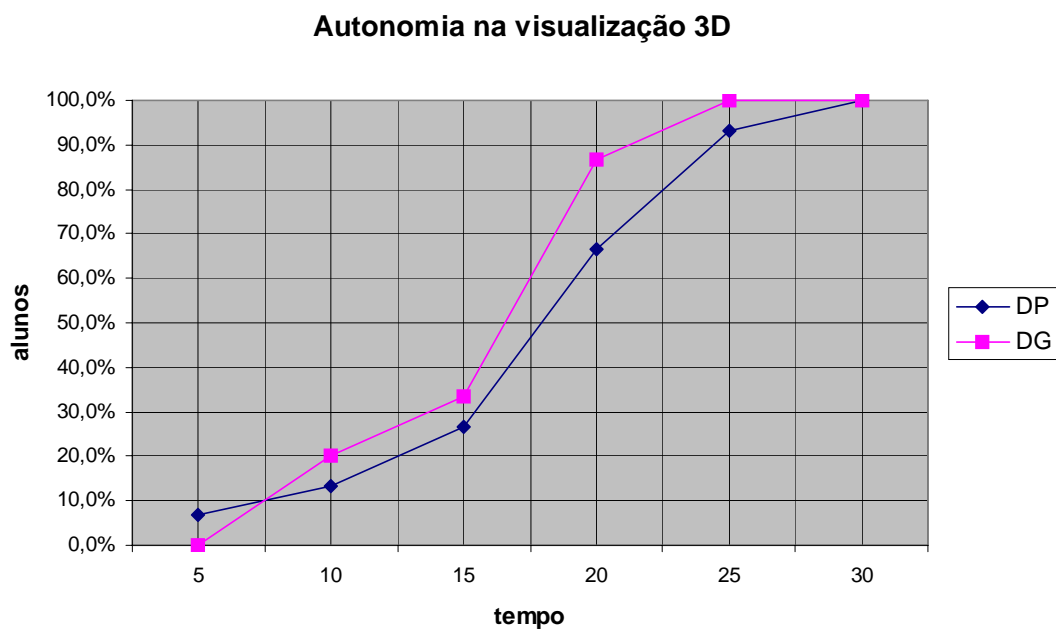


## 1.6.4 Autonomia na visualização

### 1.6.4.1 3D Studio MAX

Quadro Anexo\_D- 44 – Estudo comparado - 3D Studio MAX – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	16,7%	0,0%
10	41,7%	38,5%
15	83,3%	53,8%
20	83,3%	92,3%
25	100,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%



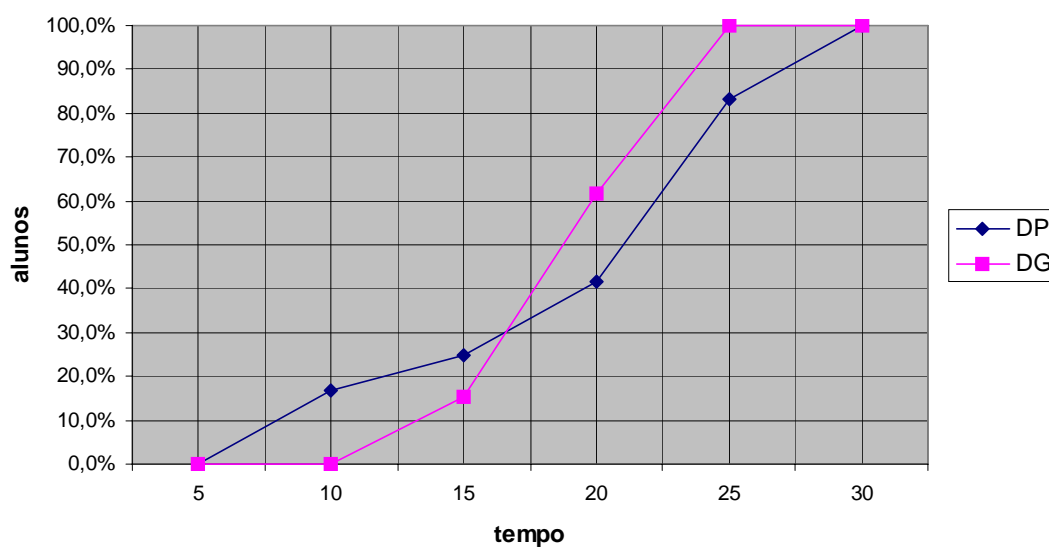
## 1.6.5 Autonomia na construção de objectos

### 1.6.5.1 *SolidWorks*

Quadro Anexo\_D- 45 – Estudo comparado - *SolidWorks* – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	16,7%	0,0%
15	25,0%	15,4%
20	41,7%	61,5%
25	83,3%	100,0%
30	100,0%	100,0%

### Autonomia na construção de objectos



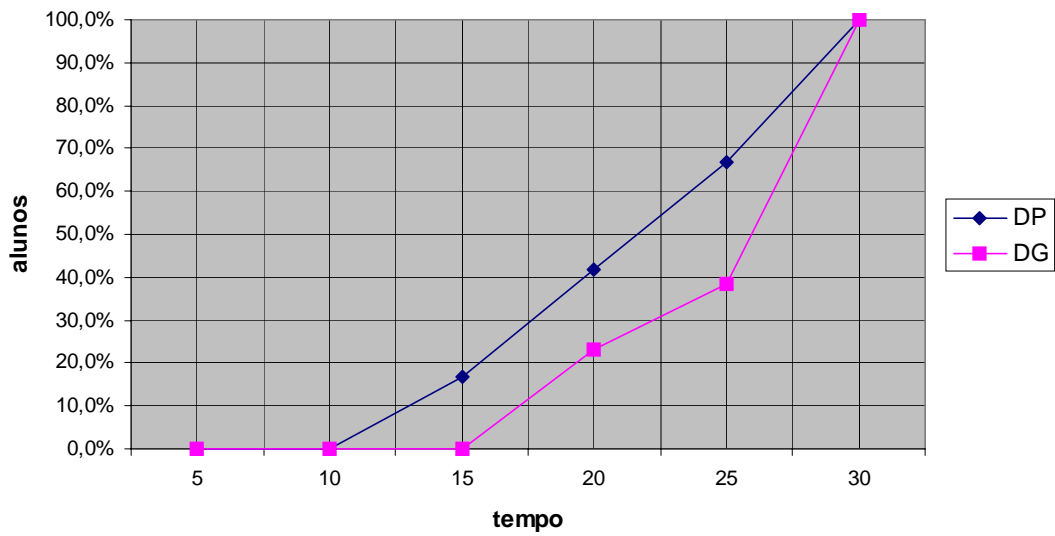
## 1.6.6 Autonomia na modificação de objectos

### 1.6.6.1 *SolidWorks*

Quadro Anexo\_D- 46 – Estudo comparado - *SolidWorks* – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%
15	16,7%	0,0%
20	41,7%	23,1%
25	66,7%	38,5%
30	100,0%	100,0%

Autonomia na modificação de objectos



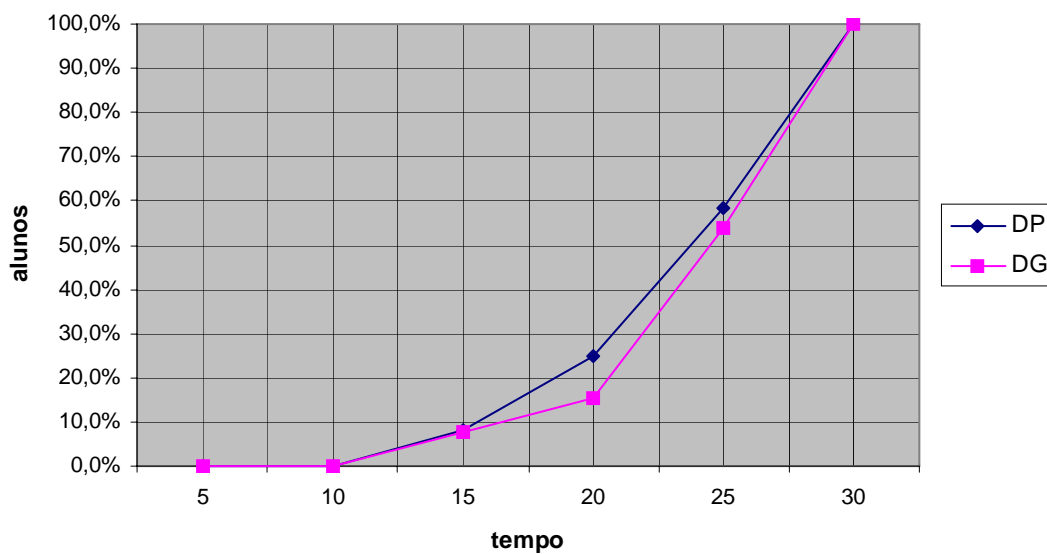
## 1.6.7 Autonomia na manipulação de objectos

### 1.6.7.1 *SolidWorks*

Quadro Anexo\_D- 47 – Estudo comparado - *SolidWorks* – Grupos (DP+DG)

	DP	DG
5	0,0%	0,0%
10	0,0%	0,0%
15	8,3%	7,7%
20	25,0%	15,4%
25	58,3%	53,8%
30	100,0%	100,0%

#### Autonomia na manipulação de objectos

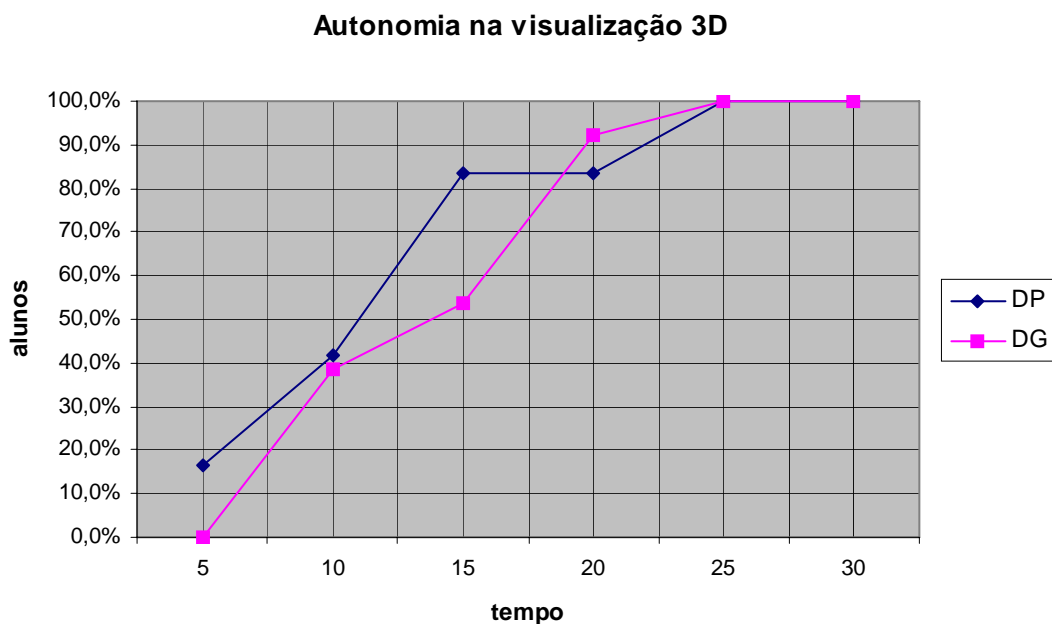


## 1.6.8 Autonomia na visualização 3D

### 1.6.8.1 *SolidWorks*

Quadro Anexo\_D- 48 – Estudo comparado - *SolidWorks* – Grupos (DP+DG)

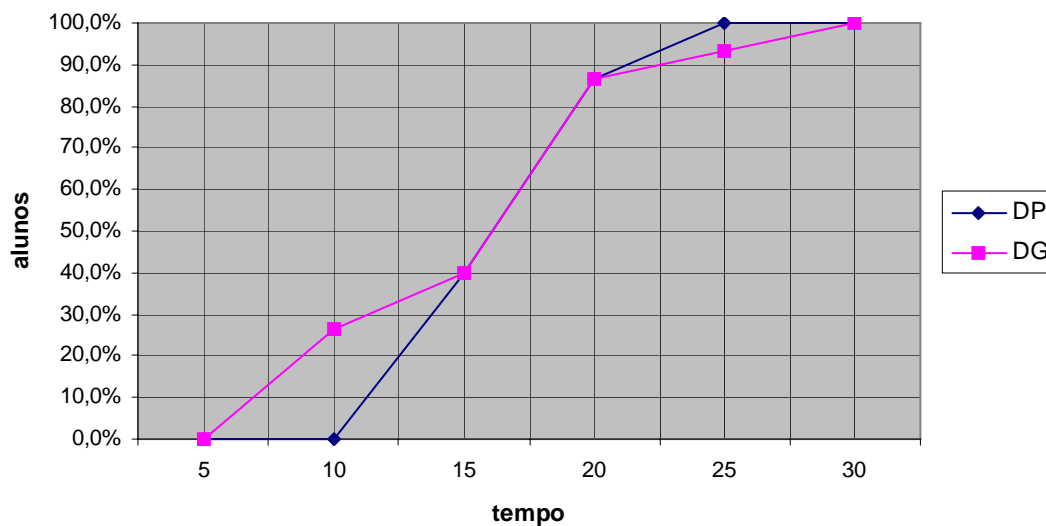
	DP	DG
5	16,7%	0,0%
10	41,7%	38,5%
15	83,3%	53,8%
20	83,3%	92,3%
25	100,0%	100,0%
30	100,0%	100,0%



## 1.7 Estudo comparativo entre 3D Studio MAX – SolidWorks

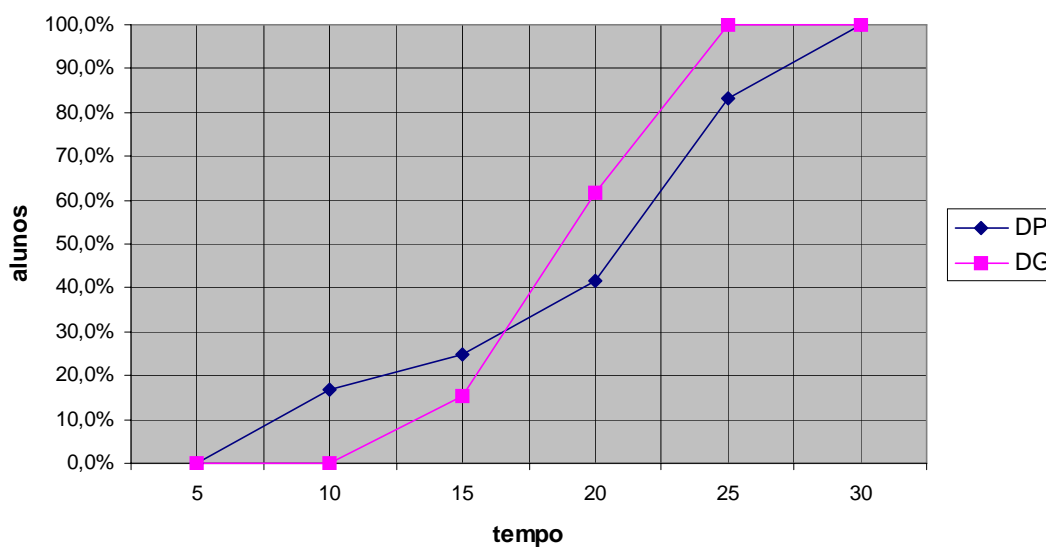
### 1.7.1 3D Studio MAX

#### Autonomia na construção de objectos



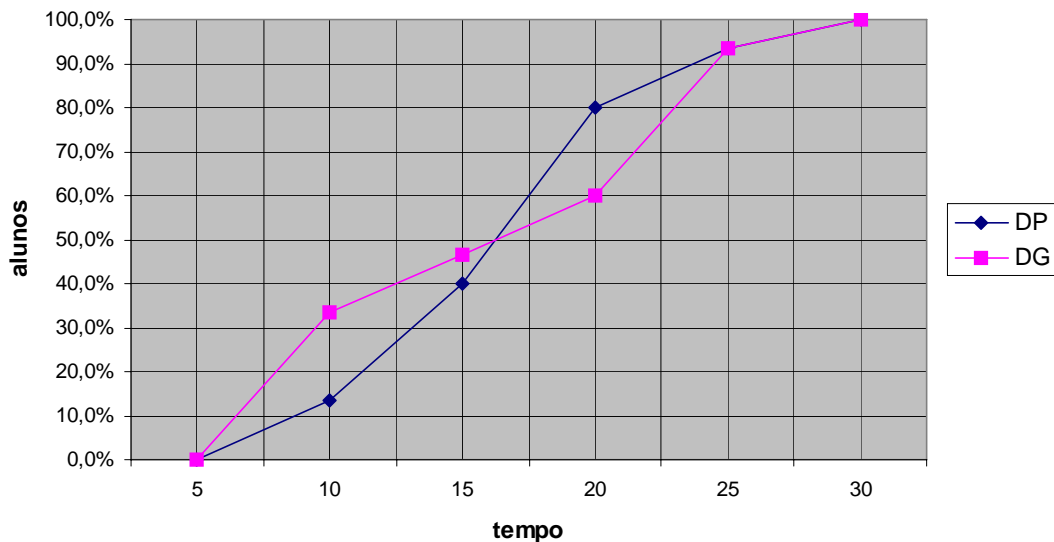
### 1.7.2 SolidWorks

#### Autonomia na construção de objectos



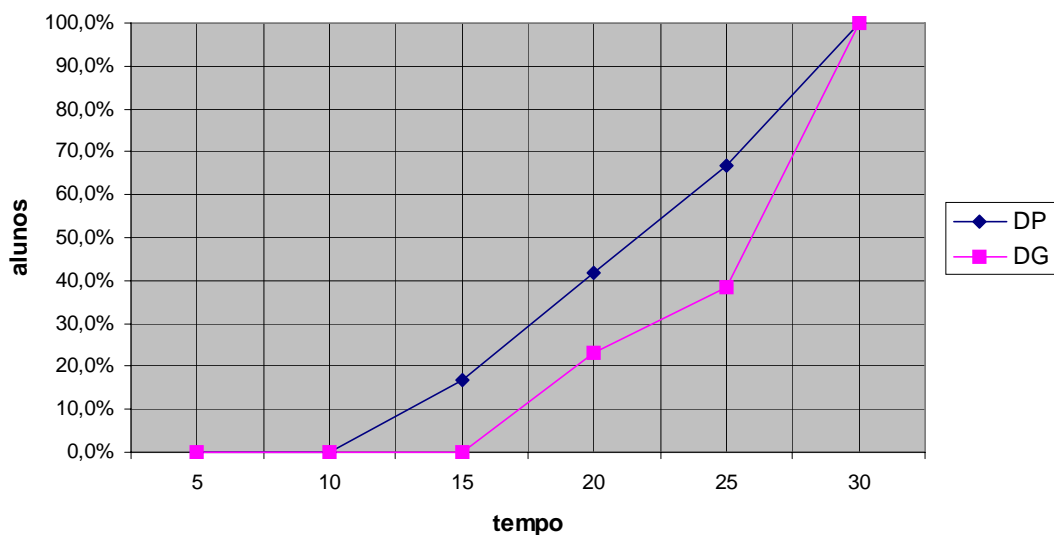
### 1.7.3 3D Studio MAX

#### Autonomia na modificação de objectos



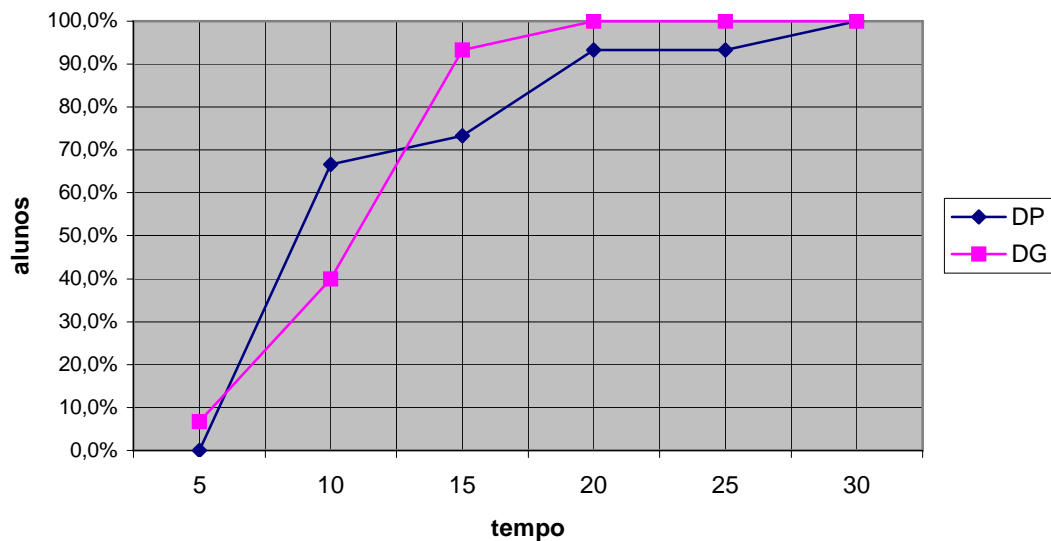
### 1.7.4 SolidWorks

#### Autonomia na modificação de objectos



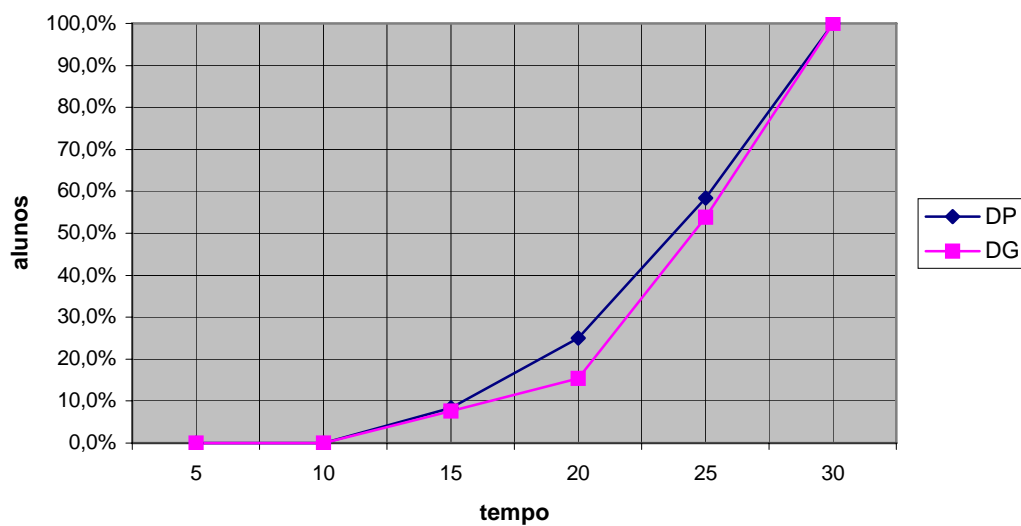
### 1.7.5 3D Studio MAX

**Autonomia na manipulação de objectos**



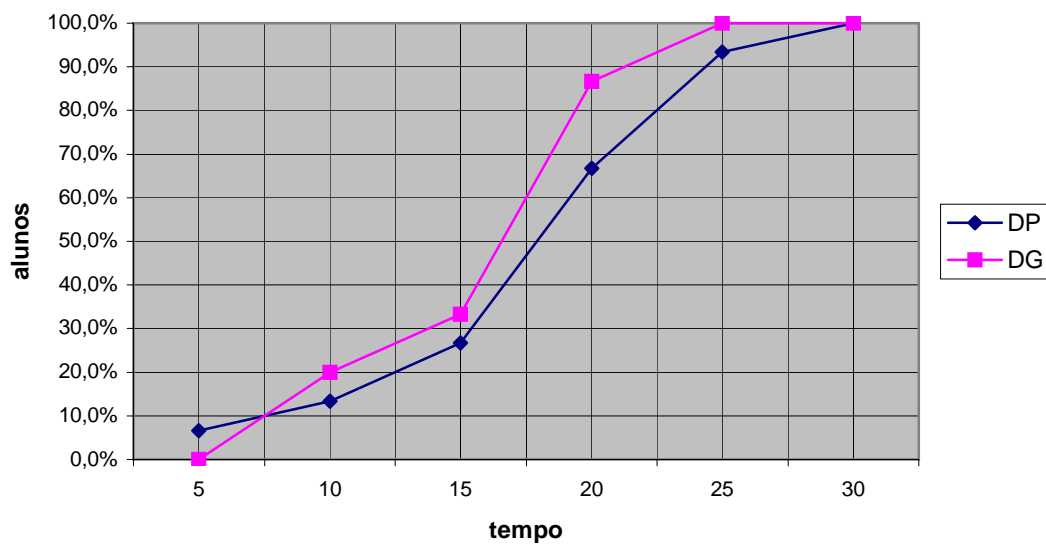
### 1.7.6 SolidWorks

**Autonomia na manipulação de objectos**



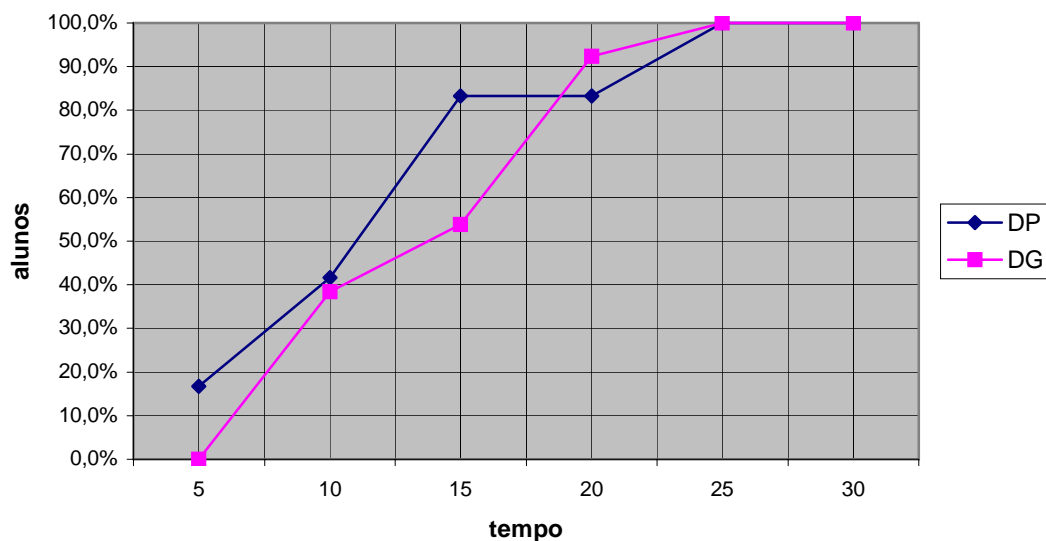
### 1.7.7 3D Studio MAX

**Autonomia na visualização 3D**



### 1.7.8 SolidWorks

**Autonomia na visualização 3D**





ANEXO E  
ENTREVISTA  
RESPOSTAS



### **3D Studio MAX**

**A. Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) da aplicação?**

**Enumere alguns aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto.**

#### **Respostas do Grupo DP**

*“Menus.”*

*“Menus complexos.”*

*“Sistemas de movimentação através dos eixos.”*

*“Menus, ícones, visualização, ...”*

*“Menus, painéis e falta de experiência.”*

*“Em termos de como obter formas simples o 3D MAX é mais intuitivo mas quando queremos formas complexas torna-se muito confuso. Com menus muito extensos e difíceis de perceber.”*

*“Trabalha-se ao mesmo tempo em três vistas e em perspectiva; tive alguma dificuldade em encontrar as funções necessárias.”*

*“Talvez os painéis não sejam tão sugestivos para as formas complexas como são para as peças simples.”*

*“Não consegui fazer outras formas por não dominar o inglês, dificuldades em saber onde estavam os comandos.”*

*“A disposição das ferramentas de trabalho devido a ser diferente dos outros programas.”*

*“Os sítios dos painéis são ligeiramente diferentes dos programas que estou habituado a trabalhar.”*

*“O facto de estar dividido por vistas.”*

*“Posição e acessibilidade dos ícones. Falta de hábito.”*

*“Painéis. Habituação à nova interface.”*

*“Dificuldade em encontrar os comandos para a modelação do objecto.”*

*“Menus, ícones, não saber onde encontrar os comandos.”*

### **Respostas do Grupo DG**

*“Talvez por ainda não dominar o programa acho que senti algumas dificuldades por não estar familiarizada com os menus. Mas não achei difícil.”*

*“Acho que não houve dificuldades a este nível.”*

*“Senti dificuldade quando tentava usar os ícones visto que não são muito explícitos numa primeira abordagem. Em relação às teclas do rato senti que foram fáceis de utilizar e o mesmo em relação aos menus.”*

*“Nada de relevante que não se superasse com algum tempo.”*

*“Tive alguma dificuldade a princípio mas penso que o programa é relativamente simples de trabalhar, requer apenas algum manuseamento, uma adaptação.”*

*“Particularmente, achei que este programa é acessível a quem não tenha qualquer experiência neste tipo de programas. É apenas uma questão de prática.”*

*“Na minha opinião o 3D MAX foi um programa onde consegui realizar o proposto dentro das nossas limitações. Logo foi um programa acessível apesar da complexidade de menus.”*

**B. Enumere algumas dificuldades durante o desenvolvimento (construção do modelo) do projecto?**

### **Respostas do Grupo DP**

*“Transformar as peças. Modelá-las.”*

*“Centrar a peça e tentar que ela seja o mais possível parecido com o modelo.”*

*“Volumetria e noção de espaço, apesar de todas as vistas inclusive a isometria serem visíveis no fundo de trabalho.”*

*“Não encontrei nenhuma dificuldades em especial.”*

*“Encontrar as funções\comandos para o que se quer fazer; dificuldade em copiar elementos, dificuldade em perceber o sistema de visualização.”*

*“A principal dificuldade para mim foi acompanhar o projecto, a uma certa altura não conseguia perceber se os planos estavam ou não coincidentes.”*

*“Fazer formas complexas, utilização de formas e depois fazer revoluções, modificar as formas que já tinha feito, buscar outros elementos para enriquecer o objecto final.”*

*“Ao início devido a não conhecer o programa e ser completamente diferente visto que tínhamos a noção de todas as vistas do objecto demonstrou-se como um entrave porque de início baralhava um pouco o meu raciocínio.”*

*“As dificuldades centraram-se sobretudo na orientação espacial uma vez que no espaço de trabalho estão todas as vistas em simultâneo e no início foi difícil orientar-me no espaço.”*

*“Falta de habituação à interface.”*

*“Não ter a certeza da colocação exacta das peças no sítio correcto.”*

*“Alguma dificuldade em copiar objectos e também em fixá-los a um ponto.”*

*“Localização espacial do objecto.”*

*“Não saber onde estavam os comandos dos sólidos, não saber ao certo o que determinados painéis queriam dizer.”*

*“Uma certa dificuldade na aplicação das várias vistas, visto que nunca tinha trabalhado num programa do género.”*

*“Não saber onde encontrar comandos.”*

### **Respostas do Grupo DG**

*“Talvez a nível das vistas por não estar habituada a lidar com um programa com várias vistas.”*

*“As perspectivas e as rotações foram os aspectos onde encontrei mais dificuldade.”*

*“A certa altura, confundi-me com as vistas e perdi algum tempo a desenhar os cilindros que correspondiam às rodas do carro. Não foi à primeira que os consegui construir no sítio certo.”*

*“A única dificuldade que encontrei foi o tempo de execução.”*

*“Para mim foi bastante difícil perceber em que vista deveria trabalhar, não conseguindo portanto obter o que queria.”*

*“Tive dificuldade na elaboração das rodas, pois não conseguia copiar, mas nada que a prática não resolvesse, penso eu.”*

*“Talvez na sobreposição das peças, que não sabia bem onde o fazer.”*

*“No que respeita ao 3D Studio MAX não tive grandes dificuldades de execução.”*

**C. *Alguma vez teve a sensação de não conseguir avançar mais?***

***Tente explicar porquê.***

**Respostas dos grupos DP e DG**

*“Volumetria e noção de espaço, apesar de todas as vistas inclusive a isometria ser visível no fundo de trabalho.”*

*“...dificuldade em perceber o sistema de visualização.”*

*“A principal dificuldade para mim foi acompanhar o projecto, a uma certa altura não conseguia perceber se os planos estavam ou não coincidentes.”*

*“Devido a não conhecer o programa e este ser completamente diferente já que tínhamos a noção de todas as vistas do objecto no espaço, para mim, foi um entrave porque de início baralhava um pouco o meu raciocínio.”*

*“As dificuldades centraram-se sobretudo na orientação espacial uma vez que no espaço de trabalho estão todas as vistas em simultâneo e no início foi difícil orientar-me no espaço.”*

*“Não ter a certeza da colocação exacta das peças no sítio correcto”*

*“Alguma dificuldade em copiar objectos e também em fixá-los a um ponto.”*

*“Localização espacial do objecto.”*

*“Uma certa dificuldade na aplicação das várias vistas, já que nunca tinha trabalhado num programa do género e não saber onde encontrar comandos.”*

*“Talvez a nível das vistas por não estar habituada a lidar com um programa com várias vistas.”*

*“As perspectivas e as rotações foram um dos aspectos onde encontrei mais dificuldade.”*

*“A certa altura, confundi-me com as vistas e, então, perdi algum tempo a desenhar os cilindros que correspondiam às rodas do carro. Não foi à primeira que os consegui construir no sítio certo.”*

*“Para mim foi bastante difícil perceber em que vista deveria trabalhar, não conseguindo portanto obter o que queria.”*

*“Talvez na sobreposição das peças já que não sabia bem onde o fazer.”*

**D. Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto ?**

**E. Gostou de trabalhar com a aplicação?**

### **Respostas dos grupos DP e DG**

*“Primitivas de fácil acesso e visualização global (vistas, isometria).”*

*“O facto de se ver em simultâneo três alçados e uma perspectiva e o menu das formas básicas.”*

*“A visualização do objecto em diferentes vistas e efectuar operações em qualquer parte.”*

*“O facto de ter o visionamento global de todo o projecto agradou-me bastante visto que pode tornar-se uma mais-valia para o desenvolvimento de projectos mais complexos.”*

*“No início as vistas atrapalham um pouco mas ao desenvolver o projecto tornam-se uma mais-valia por permitirem ver a construção nos vários planos em simultâneo.”*

*“O facto de ser verem imediatamente todas as mudanças que estão a ser feitas.”*

*“O facto de visualizar diferentes planos ao mesmo tempo e a facilidade de execução de objectos.”*

*“Sistema de vistas, eixos de manipulação dos objectos.”*

*“O facto de termos visualização nas três vistas em simultâneo, isso ajuda a ter uma melhor visualização do projecto que se está a realizar.”*

*“Alguns dos aspectos que gostei especialmente foi o facto de me sentir mais a vontade ao visualizar todas as vistas, ou seja, senti uma maior capacidade de controlo do projecto.”*

*“Ter primitivas e manipulação simples de objectos.”*

*“A interface em geral, depois da rápida explicação, não achei muito difícil de trabalhar, falo de ferramentas e comandos básicos.”*

*“Para mim que nunca tinha trabalho em 3D gostei bastante e pensei que fosse mais complicado.”*

*“Gostei de ter a possibilidade de estar sempre a ver o objecto que estava a construir, nas três vistas. A maior parte dos ícones eram acessíveis.”*

*“A construção de sólidos; a elaboração de um projecto em 3D, a visualização da construção de várias perspectivas.”*

*“Gostei especialmente do facto deste programa ter as três vistas mais a perspectiva e de podermos trabalhar em todas consoante o que precisávamos.”*

*“Gostei também do facto de podermos mover/alterar os objectos já criados, com um clique do rato.”*

*“O facto de se poder ver o objecto em três dimensões e de, penso eu ser um programa onde se poderá com algum treino fazer objectos interessantes.”*

*“Gostei do programa no seu todo, visto que era a primeira vez que trabalhava em 3D. Tudo era novidade e a facilidade de aprendizagem deste programa resultou quanto a mim numa experiência a desenvolver.”*

*“Gostei dos efeitos de luz que descobri, sei que não era suposto ter mexido em alguns comandos, mas gostei.”*

*“Gostei da relativa facilidade de execução do projecto, gostei da interface a nível gráfico a disposição dos ícones de trabalho.”*

## **SolidWorks**

**F. Sentiu dificuldade em perceber a estrutura (forma de desenvolver o projecto) da aplicação?**

**Enumere alguns aspectos da interface que dificultaram a execução do projecto.**

## **Respostas do grupo DP**

*“Em termos de menus, ícones, painéis, teclas, do rato e essas coisas até não.”*

*“Os sketches e planos.”*

*“Filosofia complexa e não existem primitivas.”*

*“Especialmente a ligação entre os sketches 2D e as features 3D.”*

*“O interface na minha opinião não comunica bem a filosofia de construção.”*

*“Ter que abrir um sketch por cada elemento a acrescentar causou dificuldade em encontrar os comandos.”*

*“A ideologia de projecto ser diferente dos outros programas 3D.”*

*“Escolha de planos.”*

## **Resposta do grupo DG**

*“Perdi algum tempo com os ícones. Tive mais dificuldade em entender este programa que o 3D MAX.”*

*“Tem demasiadas funções para a construção de um objecto a visualização é mais complicada que em outros programas 3D.”*

*“Tive dificuldade em entender a estrutura dos planos e em entender qual deveria usar para cada ícone.”*

*“Achei o menu confuso, e estive muito tempo para conseguir fazer alguma coisa, não gostei muito.”*

*“Ao nível da interface penso que é um programa mais cuidado a nível gráfico do que o 3D MAX mas em termos de funcionalidade é mais complexo.”*

***Enumere algumas dificuldades durante o desenvolvimento (construção do modelo) do projecto?***

### **Respostas do Grupo DP**

*“Passagem de 2D para 3D.”*

*”Filosofia complexa.”*

*“A dificuldade de trabalhar em sketches.”*

*“Sair do sketch para a operação 3D.”*

*“Trabalhar em faces, adicionar planos paralelos para fazer partes do objecto.”*

*“Encontrar e abrir sketches.”*

*“Alguma dificuldade em trabalhar com vários planos sem uma visualização como no 3D Studio.”*

### **Respostas do Grupo DG**

*“Tive dificuldade em movimentar as peças no espaço.”*

*“Senti mais dificuldades em construir o modelo aqui por ser talvez mais difícil de manusear e por ser um programa de mais precisão*

*“Por vezes queria virar o objecto e este não ficava logo na posição pretendida.”*

*“O facto de não podermos mover/alterar o que já estava feito com um simples clique do rato.”*

*“A minha principal dificuldade foi em utilizar os planos para fazer o objecto.”*

*“Termos de escolher constantemente o plano em que queremos trabalhar leva algum tempo a criar hábito.”*

*“Não conseguia começar, não conseguia encontrar as funções no menu, senti alguma dificuldade naquela história de ter que voltar atrás para modificar, não me entendi muito bem com o programa.”*

*“O aspecto em que tive maiores dificuldades foi na edição de figuras por nós construídas de modo a movimentá-las nem que fosse alguns milímetros. Senti-me então algo limitado. Outro aspecto que me dificultou a resolução do projecto, foi muitas vezes não reparar que tinha o "sketch" aberto em fase de aceitação. De certo modo penso que está pouco visível ou então é a inexperiência que todos temos.”*

*“O de encontrar uma boa vista para construir o meu sólido, lembro-me particularmente que tive imensa dificuldade em fazer espelho, onde perdi imenso tempo e acabei por me atrapalhar.”*

*“A rotação de peças, o movimentar das peças é mais difícil, o undo não ser feito no ctrl+z, a dificuldade dos menus por ser muito complexa.”*

#### **G. Conseguiu acrescentar novos elementos ao projecto ?**

##### ***Gostou de trabalhar com a aplicação?***

#### **Respostas dos grupos DP e DG**

*“Sem duvida que para design industrial este e o programa certo.”*

*“Visualização em 3D imediata.”*

*“Espectacularidade ao ver crescer os objectos em 3D e liberdade de uso.”*

*“O realismo da demonstração dos elementos e a liberdade oferecida.”*

*“O menu de cima até é apelativo.”*

*“Inicialmente gostei do que o programa permite que seja feito, apesar de não perceber como as fazer.”*

*“Acho o SolidWorks é bastante intuitivo, qualquer pessoa com conhecimentos mínimos em informática consegue produzir algo no programa, o que não acontece com o 3D Studio MAX.”*

*“Os ícones reforçaram a ideia do que se poderia fazer, muito mais do que os próprios nomes.”*

*“Pela utilização intuitiva que o programa nos fornece. É com relativa facilidade que se entra no espírito de utilização do programa”.*

*O SolidWorks é uma ótima ferramenta para realizar projectos 3D e permitindo avaliar o objecto durante a sua elaboração.”*

*“O facto de se poder mudar qualquer dado do objecto, mesmo após a sua execução”.*

*“Achei fácil movimentar a peça no espaço a nível de visualização.”*

*“Gostei particularmente de ver a evolução em 3D do modelo e como tudo irá ficar ou seja a realidade apesar de ser num computador.”*

*“Poder ver e fazer crescer um sólido em 3D.”*

*“A possibilidade de alterar o objecto, a qualquer momento.”*

*“O principal foi a facilidade de poder ver o objecto em 3D à medida que se fazia.”*

*“Gostei bastante da interactividade do programa, o seu aspecto do trabalho que estamos a desenvolver é excelente.”*

*“Devido a ter algumas horas de softwares 2D nos dedos, gostei do SolidWorks especialmente pela novidade. Isto acontece porque por vezes temos inúmeras dificuldades para atribuir volume em formas 2D. Neste software revelou-se fácil.”*

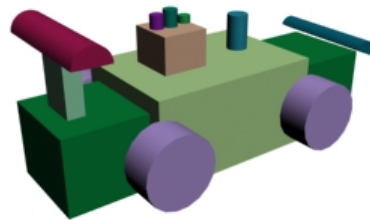
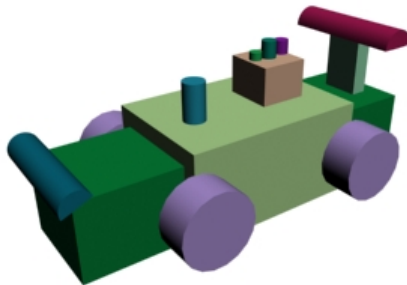
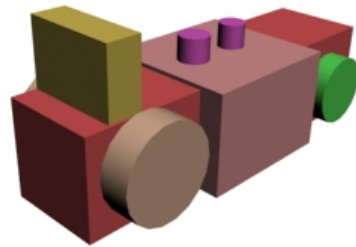
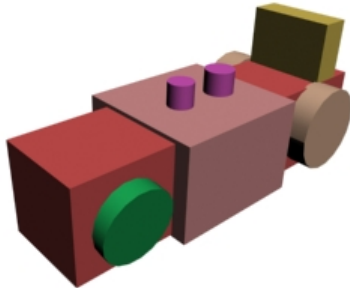
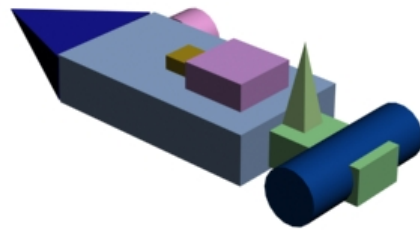
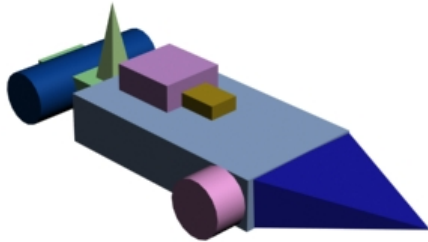
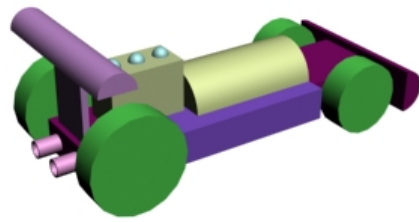
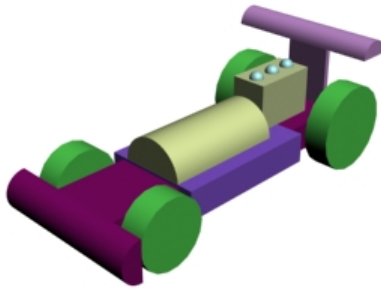
*“Eu não consegui avançar muito neste programa, mas à medida que ia construindo o sólido ia gostando de conhecer o programa, mas não consigo dizer nenhum aspecto... talvez as opções no menu que tínhamos a nossa disposição.”*

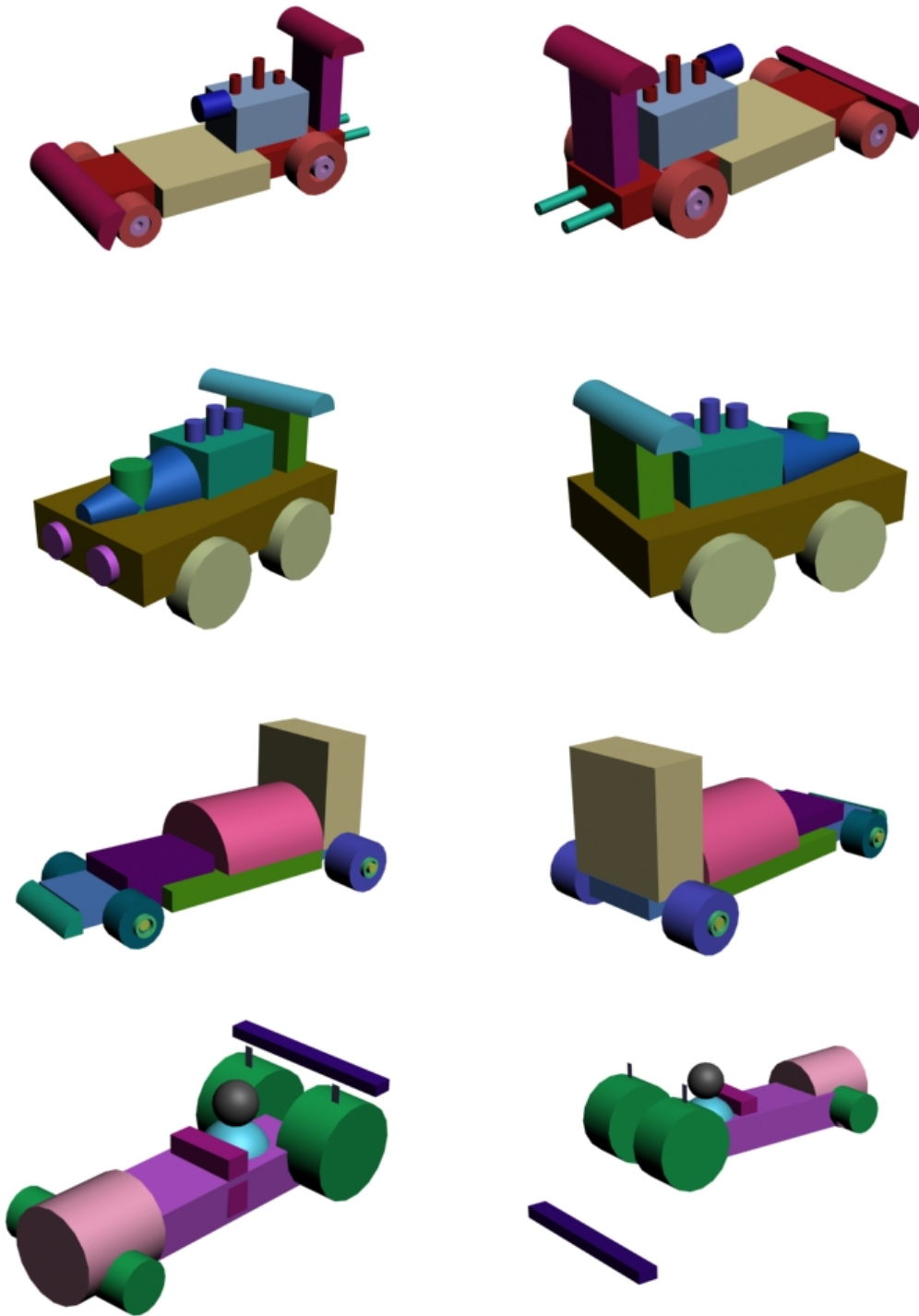
*“O grafismo do programa é atraente sendo agradável olhar para o ecrã, o modo como se fazem os fills etc. é simples e de fácil acesso e o ZOOM está muito bom”*

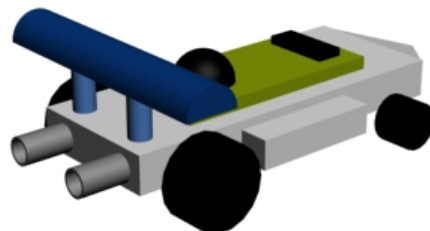
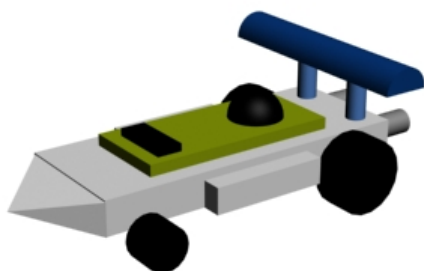
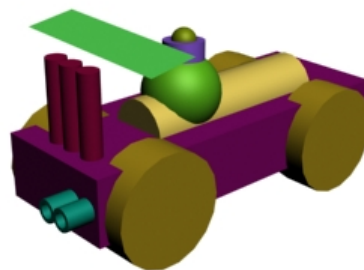
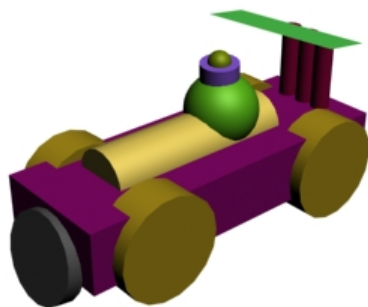
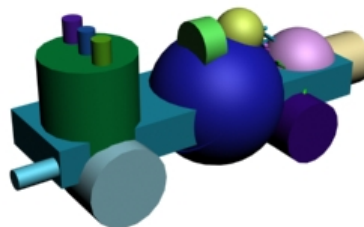
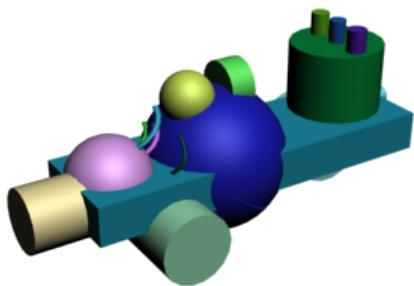
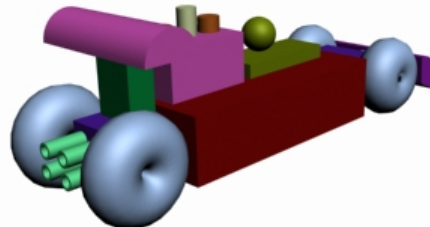
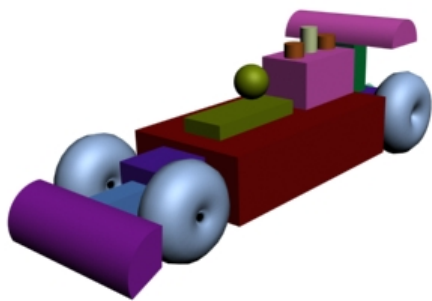
ANEXO F  
TESTES DE INTERACÇÃO  
RESULTADOS  
*3D Studio MAX*

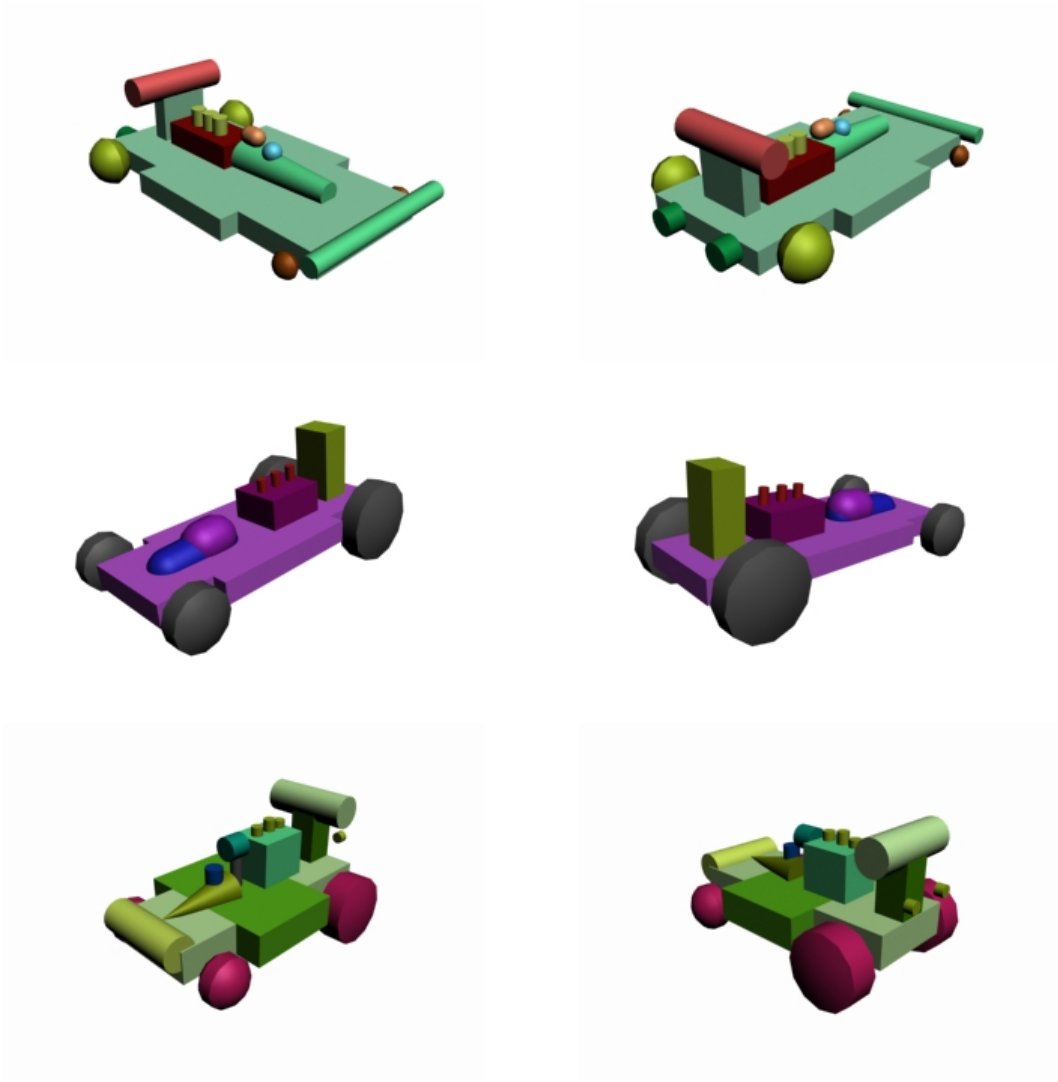


**Testes de interacção – 3D Studio MAX – Grupo (DG)**

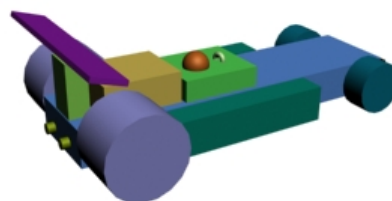
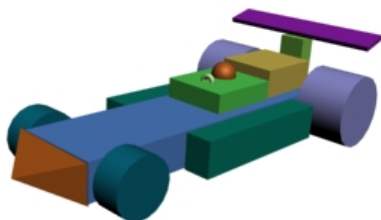
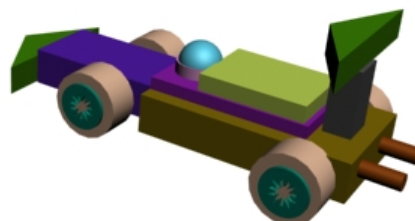
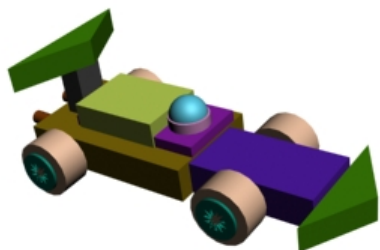
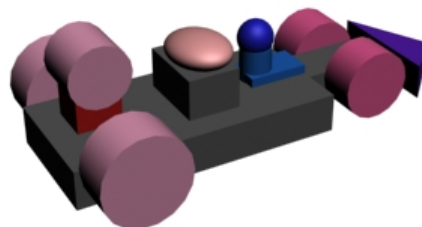
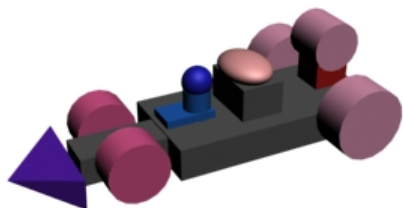
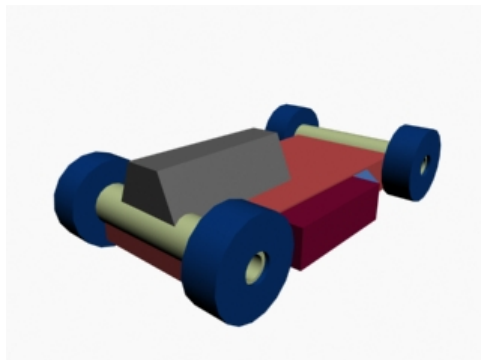
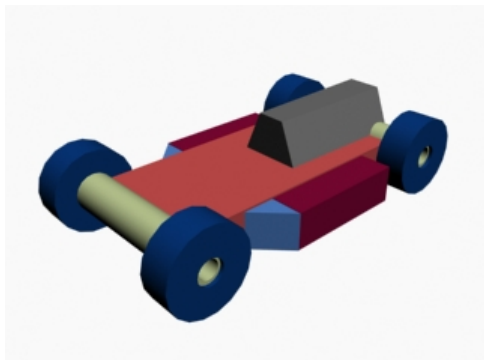


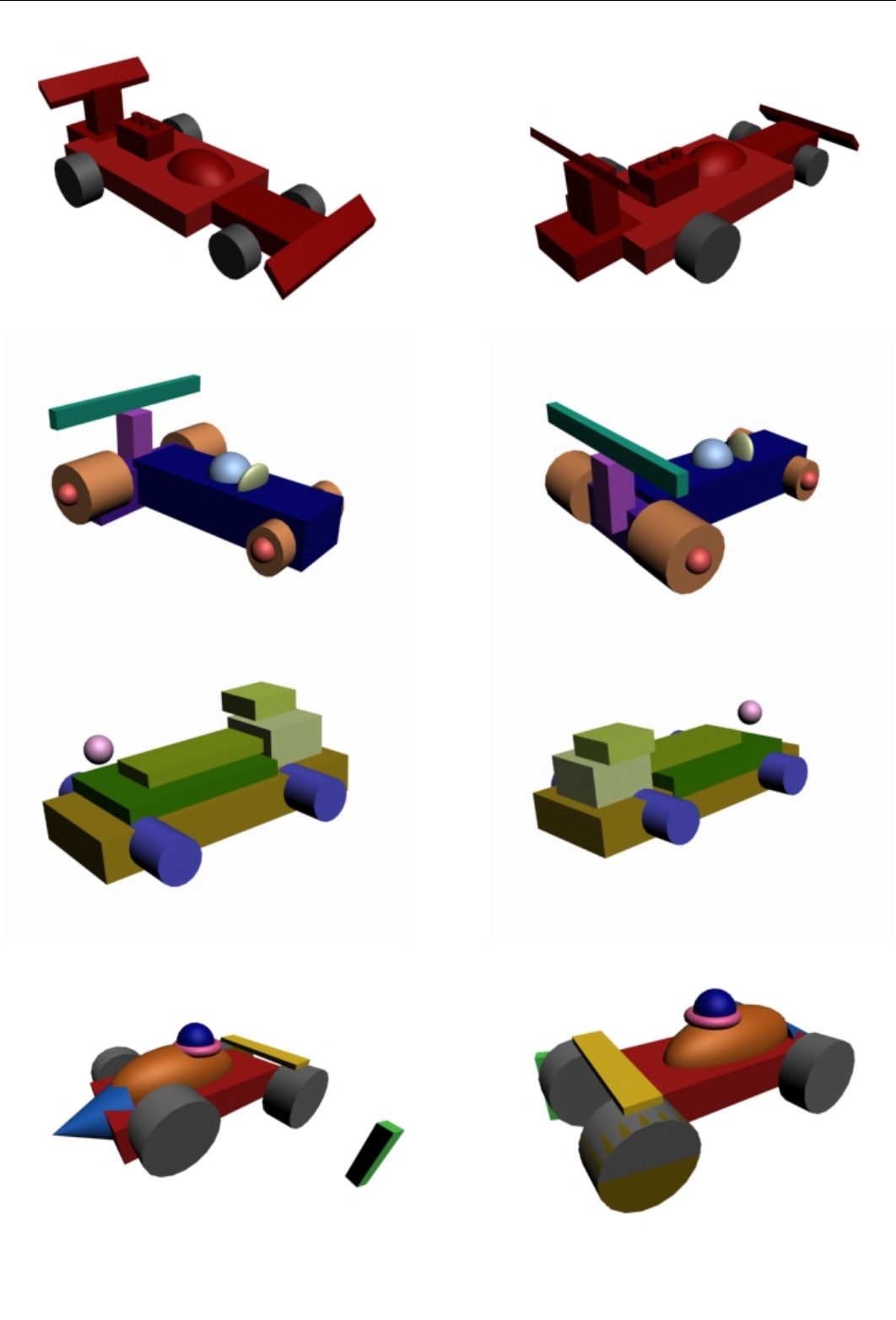


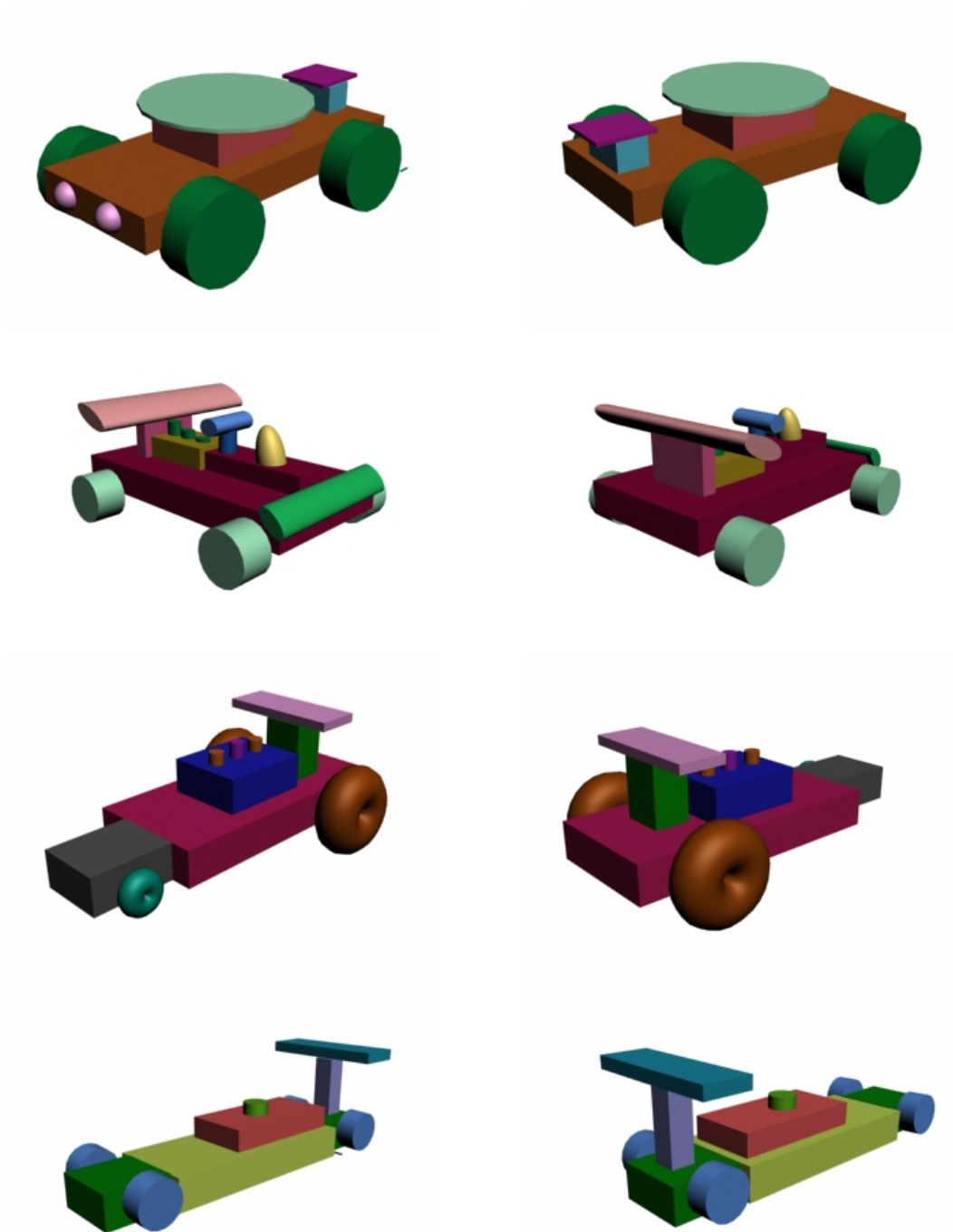


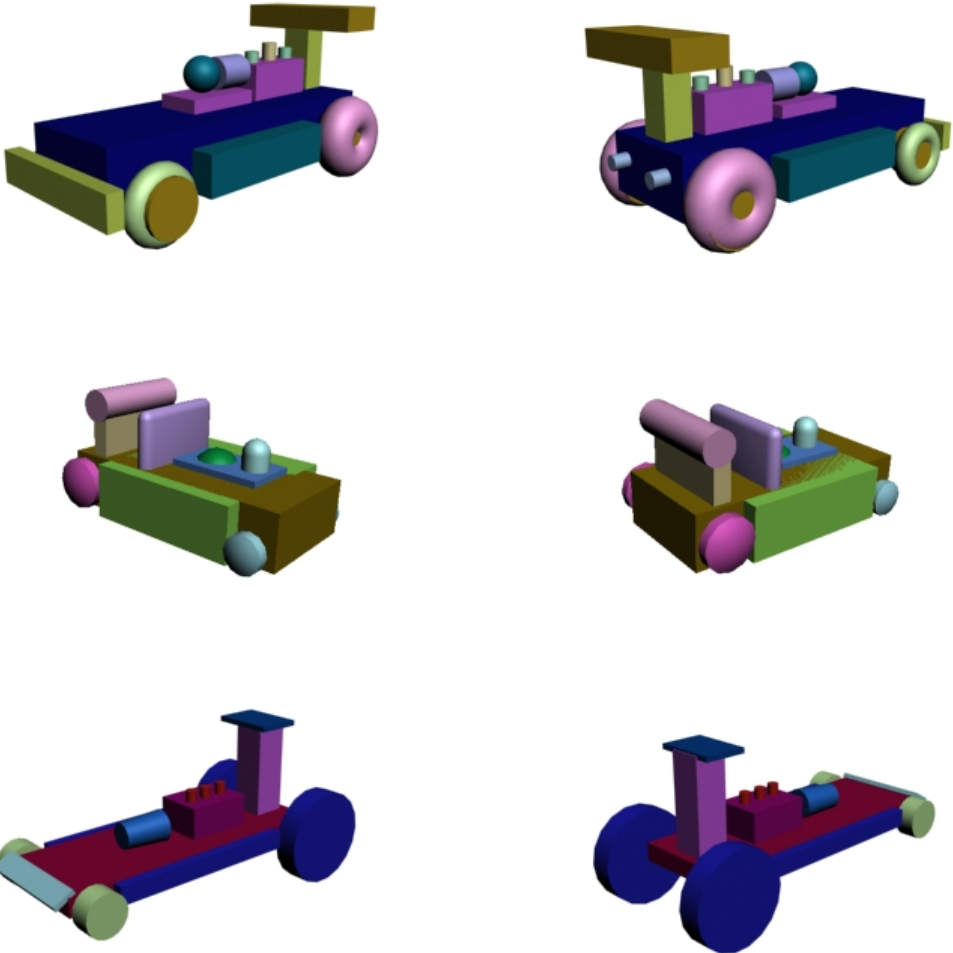


**Testes de interacção – 3D Studio MAX – Grupo (DP)**

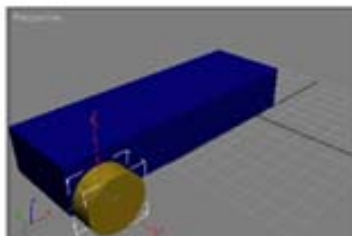




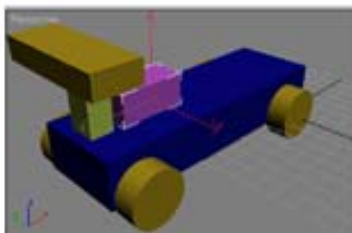




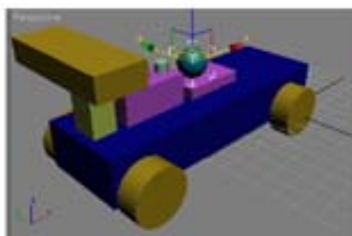
### Testes de interacção – 3D Studio MAX – Evolução da tarefa - Grupo (DP)



5 minutos



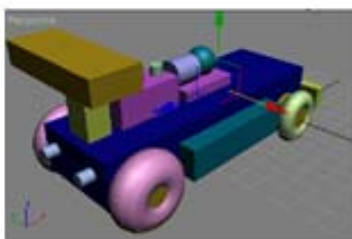
10 minutos



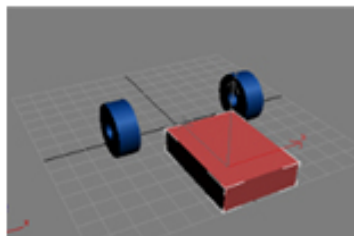
15 minutos



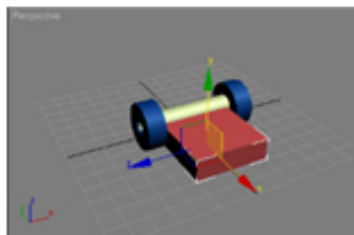
20 minutos



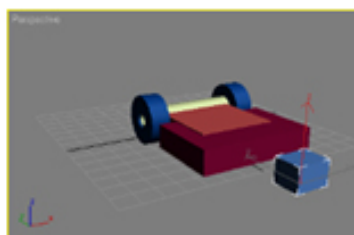
25 minutos



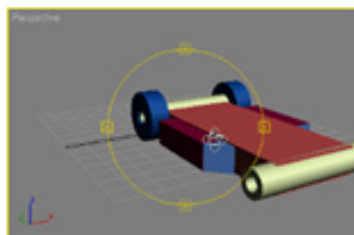
5 minutos



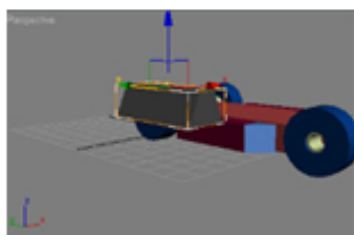
10 minutos



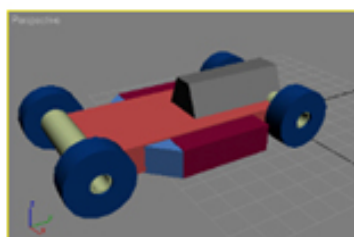
15 minutos



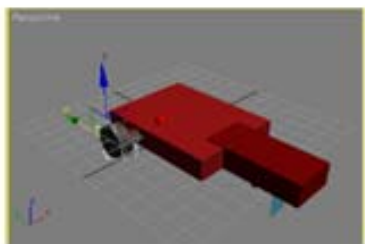
20 minutos



25 minutos



30 minutos



5 minutos



10 minutos



15 minutos

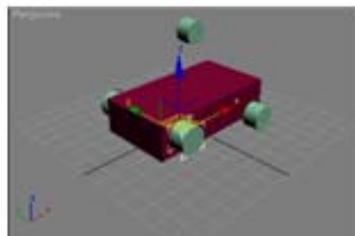


20 minutos

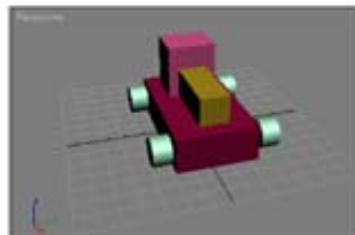


25 minutos

30 minutos



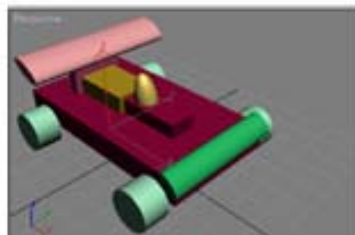
5 minutos



10 minutos



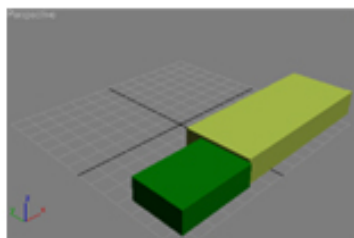
15 minutos



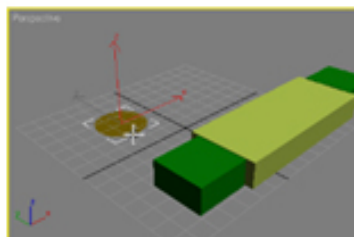
20 minutos



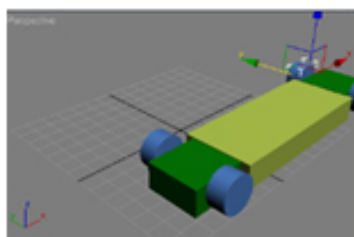
25 minutos



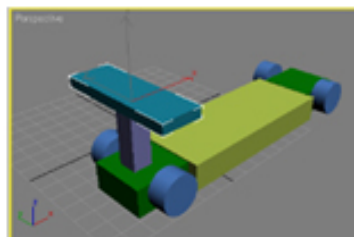
5 minutos



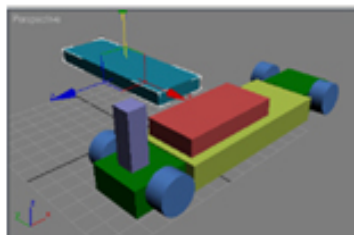
10 minutos



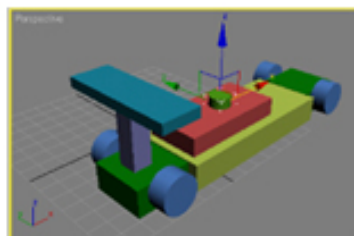
15 minutos



20 minutos

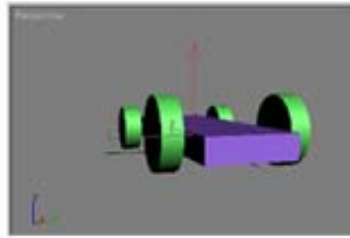


25 minutos

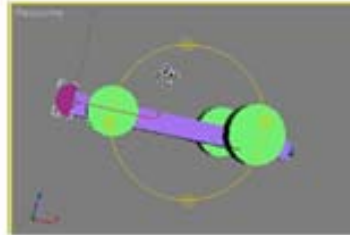


30 minutos

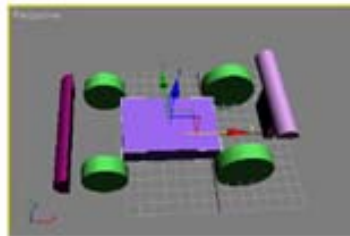
**Testes de interacção – 3D Studio MAX – Evolução da tarefa - Grupo (DG)**



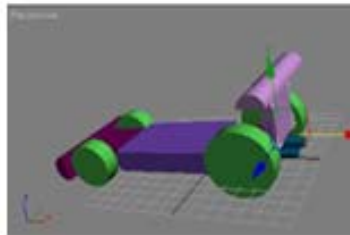
5 minutos



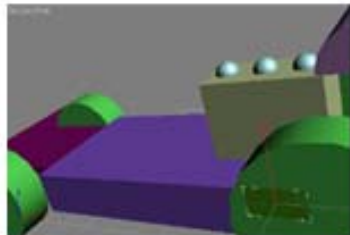
10 minutos



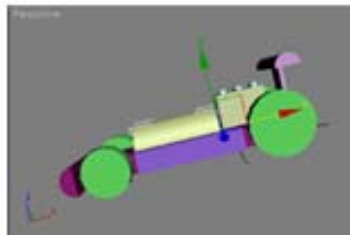
15 minutos



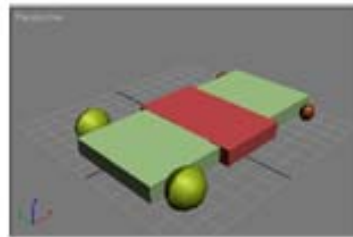
20 minutos



25 minutos



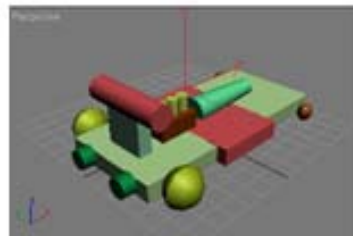
30 minutos



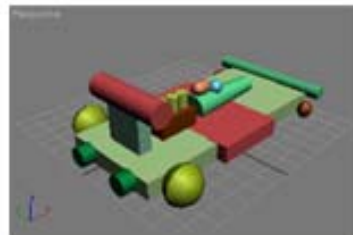
5 minutos



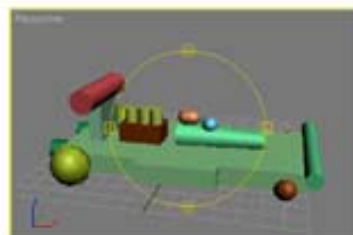
10 minutos



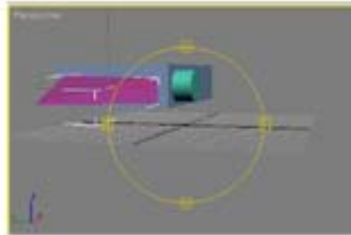
15 minutos



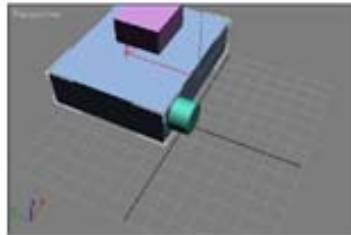
20 minutos



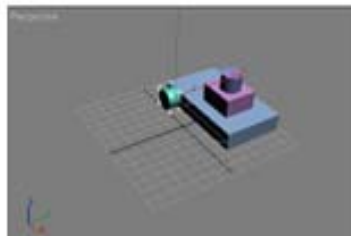
23 minutos



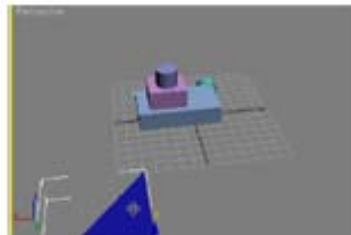
5 minutos



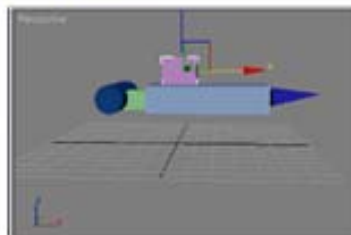
10 minutos



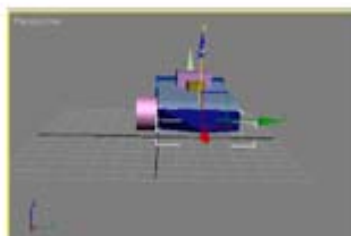
15 minutos



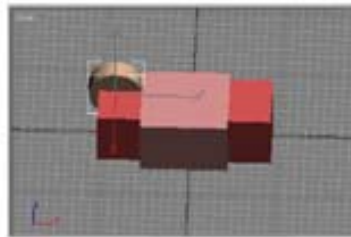
20 minutos



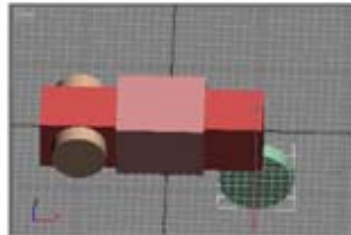
25 minutos



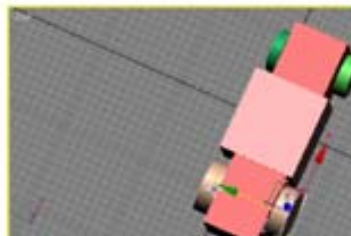
30 minutos



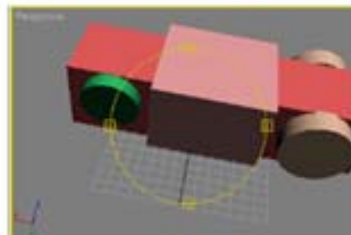
5 minutos



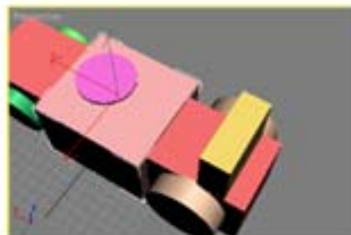
10 minutos



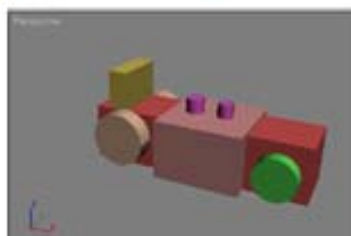
15 minutos



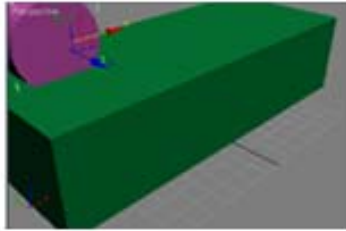
20 minutos



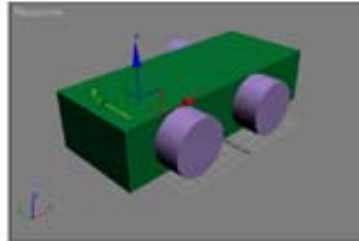
25 minutos



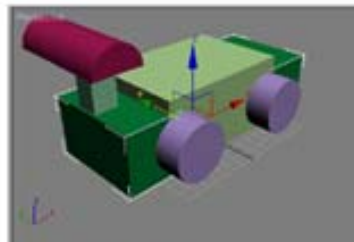
30 minutos



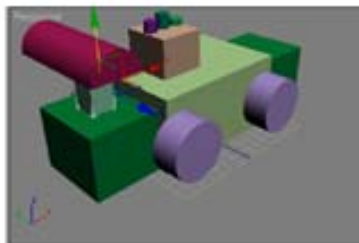
5 minutos



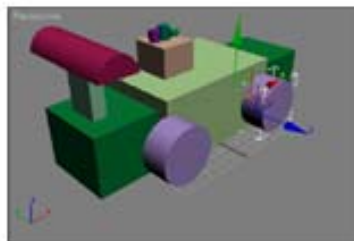
10 minutos



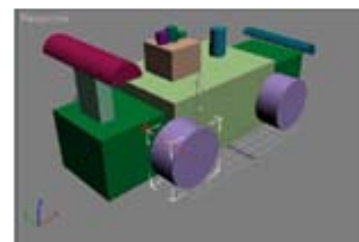
15 minutos



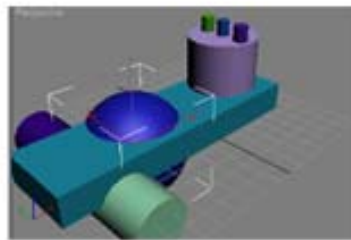
20 minutos



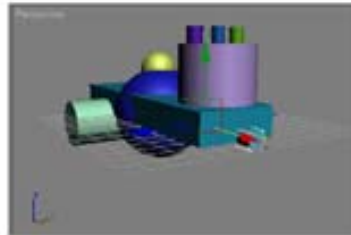
25 minutos



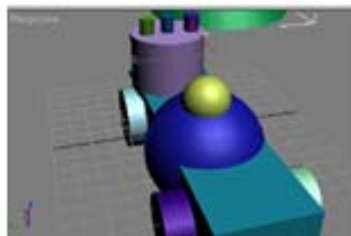
30 minutos



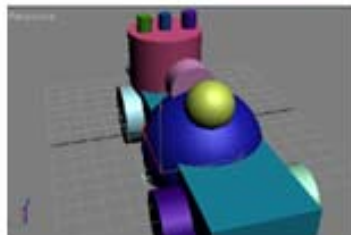
5 minutos



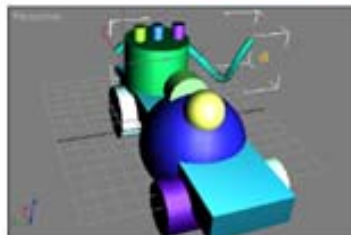
10 minutos



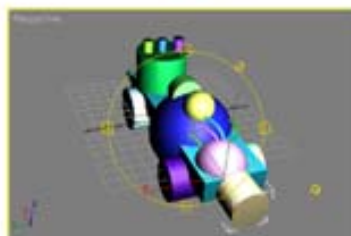
15 minutos



20 minutos



25 minutos

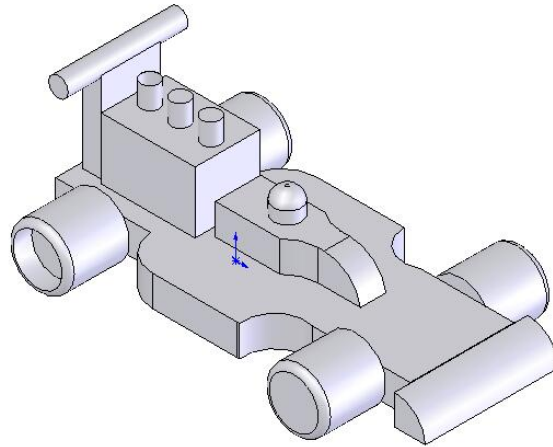
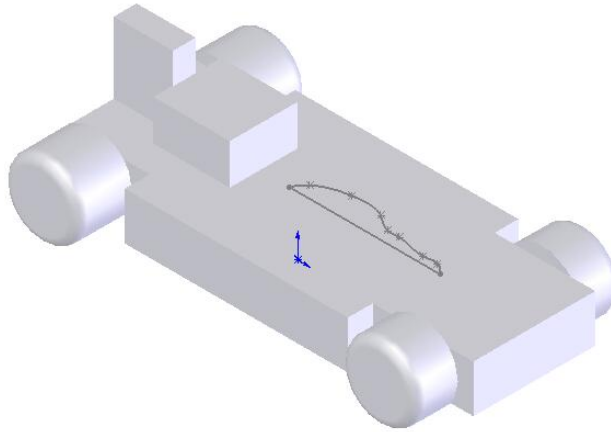


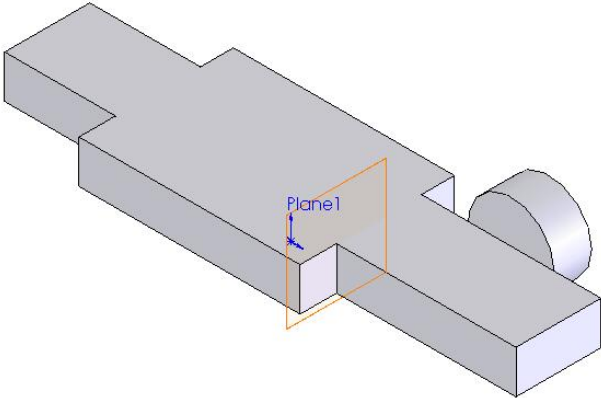
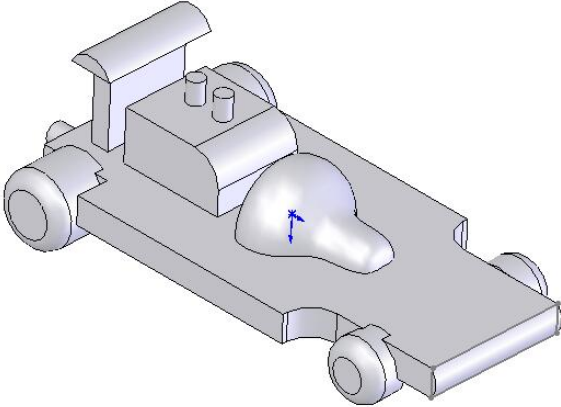
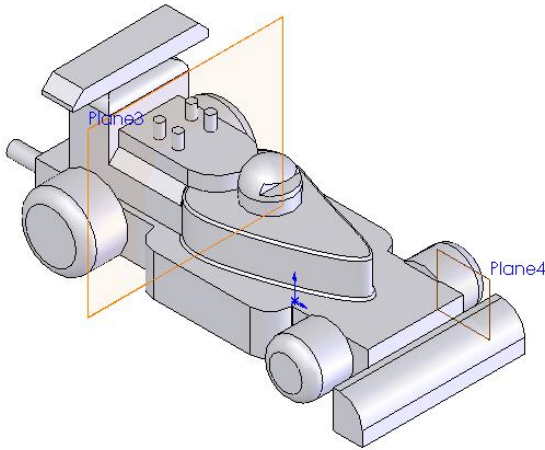
30 minutos

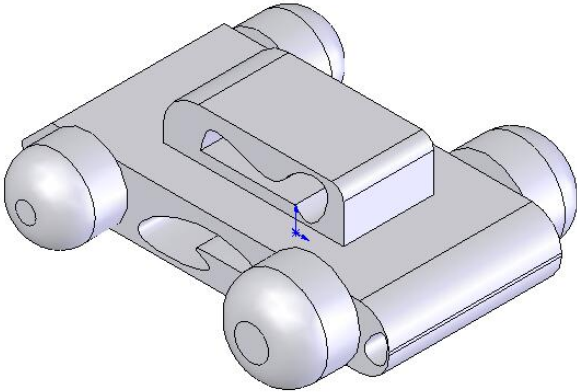
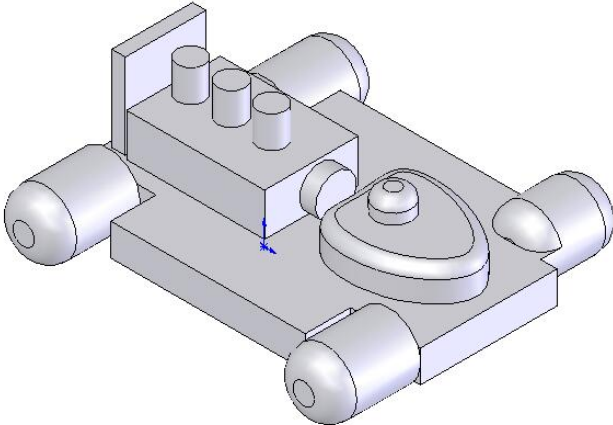
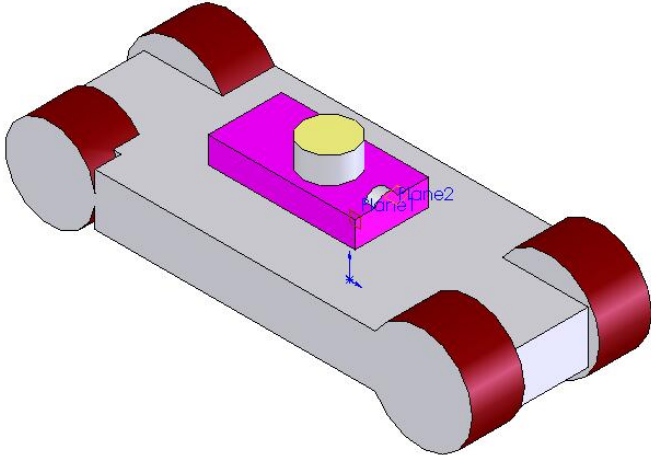
ANEXO G  
TESTES DE INTERACÇÃO  
RESULTADOS  
*SolidWorks*

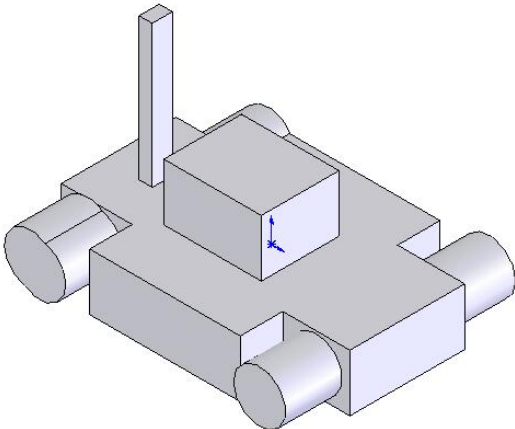
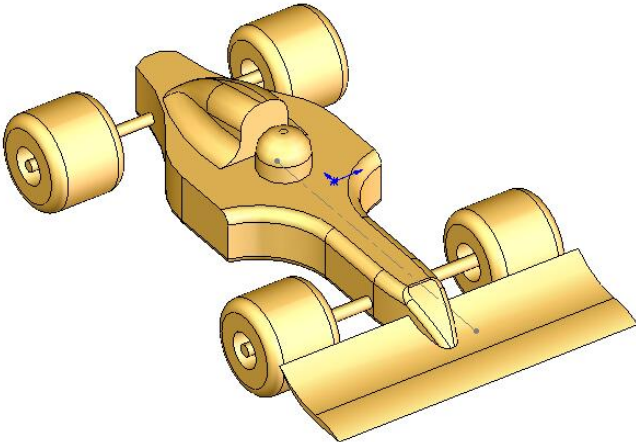
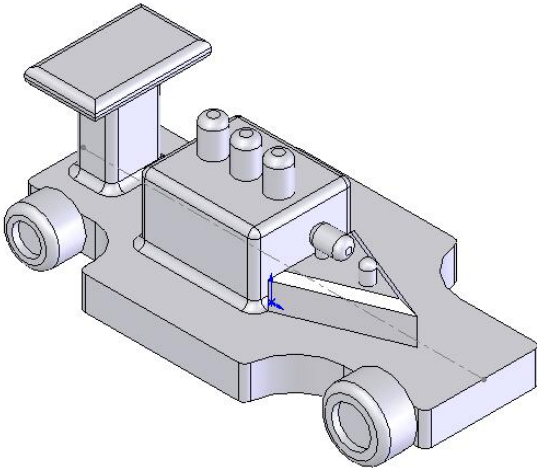


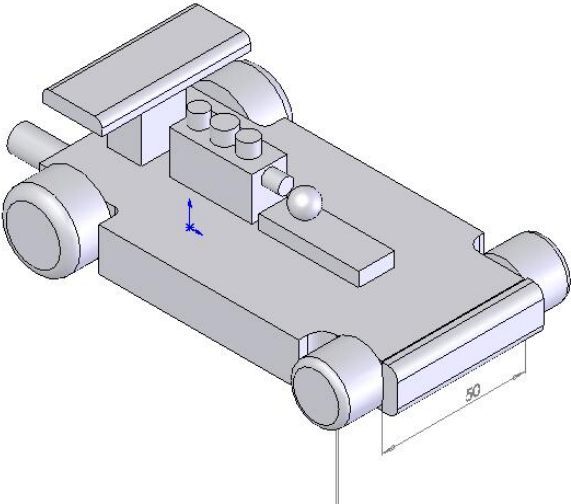
**Testes de interacção – *SolidWorks* – Grupo (DP)**







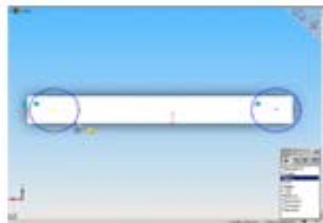




### Testes de interacção – *SolidWorks* – Evolução da tarefa - Grupo (DP)



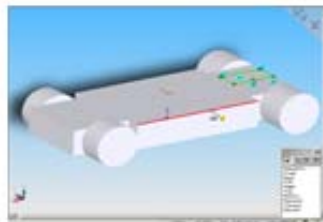
5 minutos



10 minutos



15 minutos



20 minutos



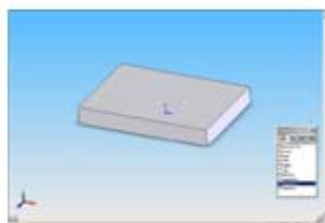
25 minutos



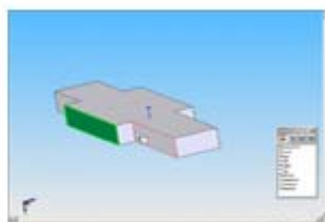
30 minutos



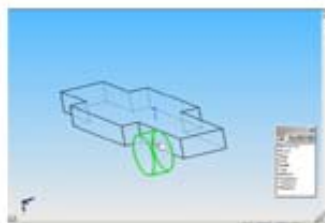
5 minutos



10 minutos



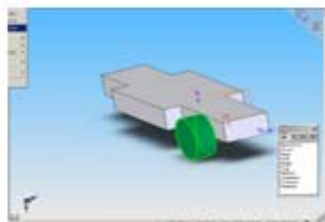
15 minutos



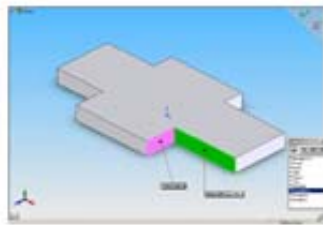
20 minutos



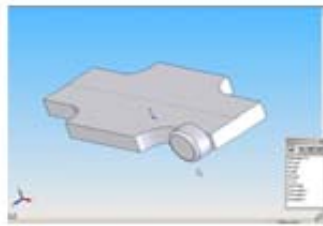
25 minutos



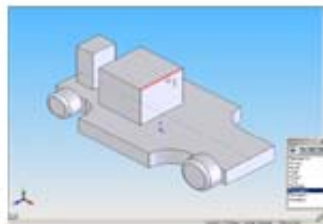
30 minutos



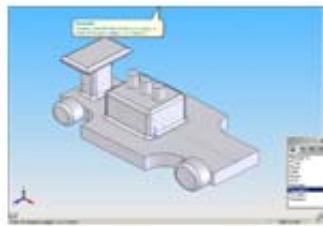
5 minutos



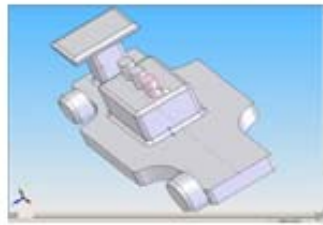
10 minutos



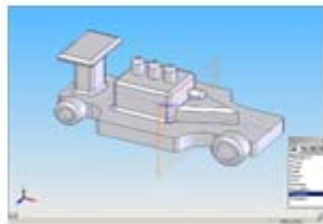
15 minutos



20 minutos



25 minutos



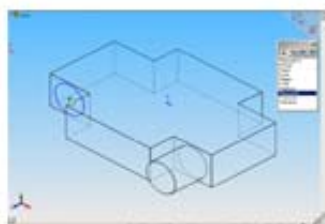
30 minutos



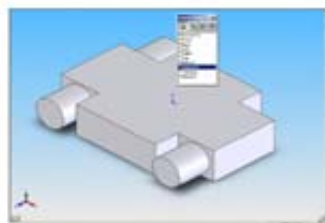
5 minutos



10 minutos



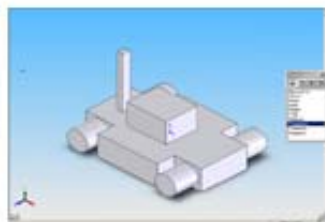
15 minutos



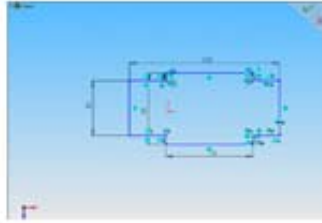
20 minutos



25 minutos



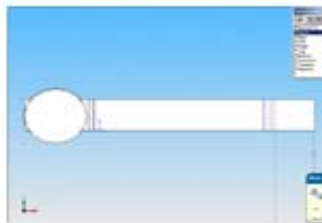
30 minutos



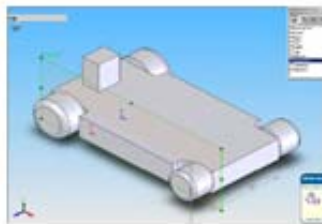
5 minutos



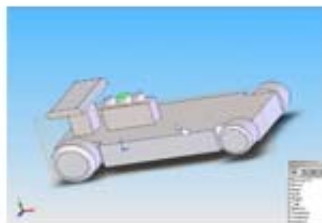
10 minutos



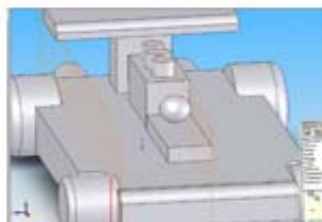
15 minutos



20 minutos

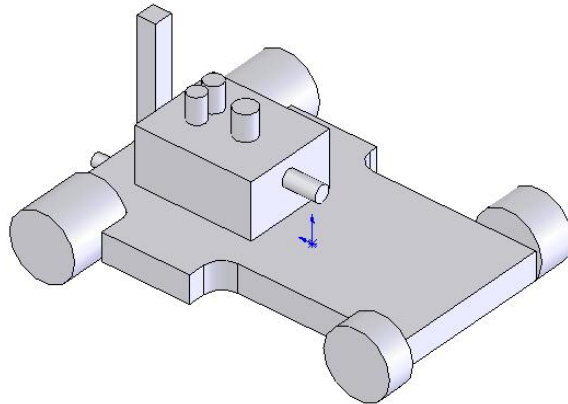
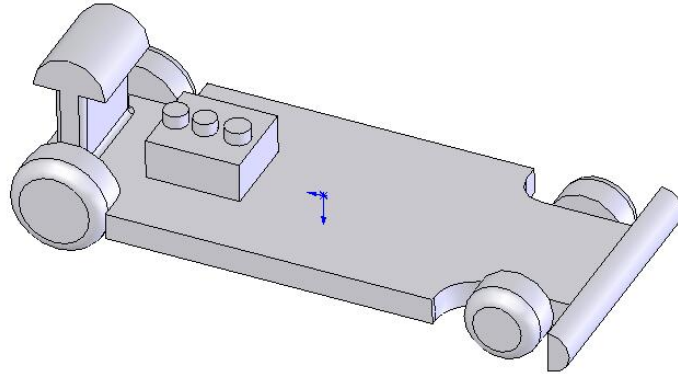


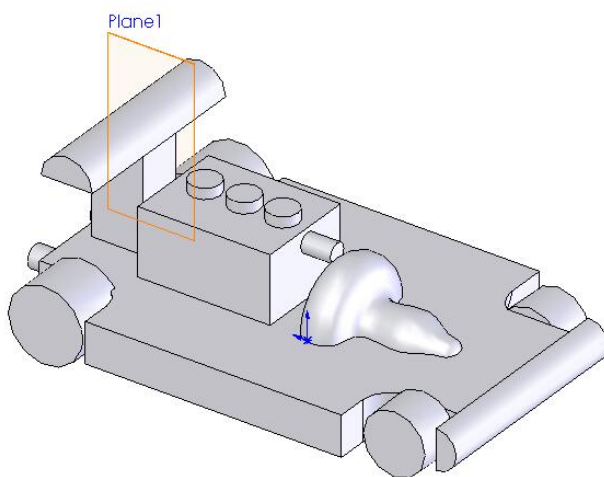
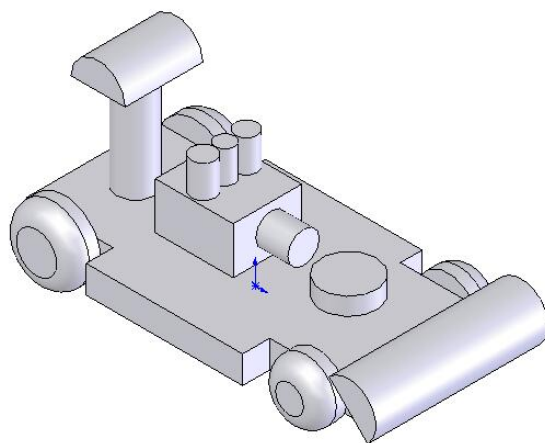
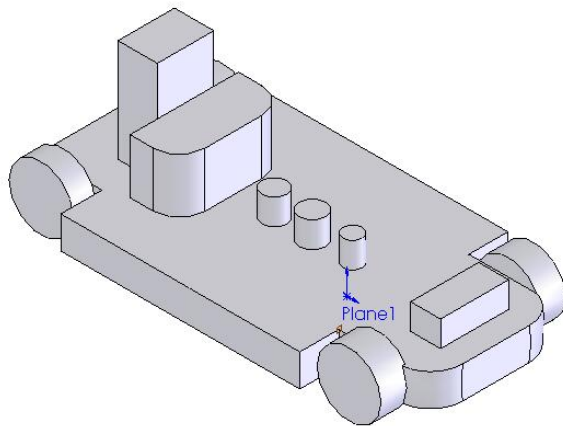
25 minutos

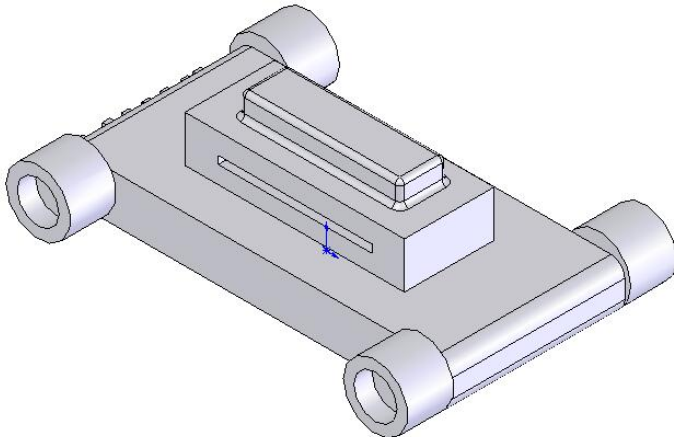
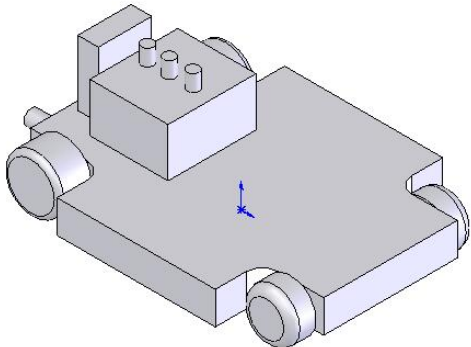
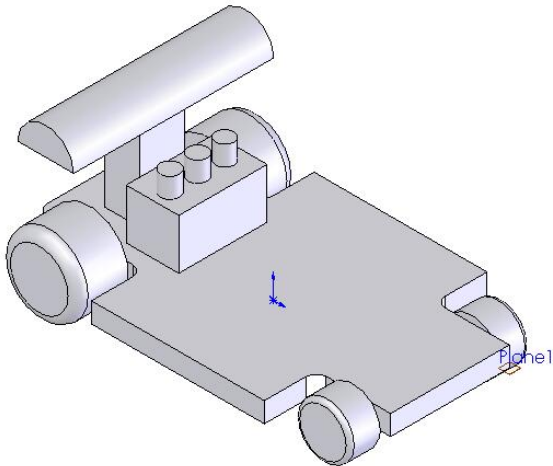


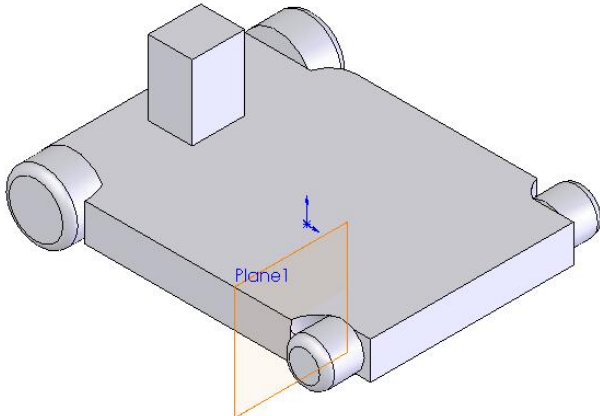
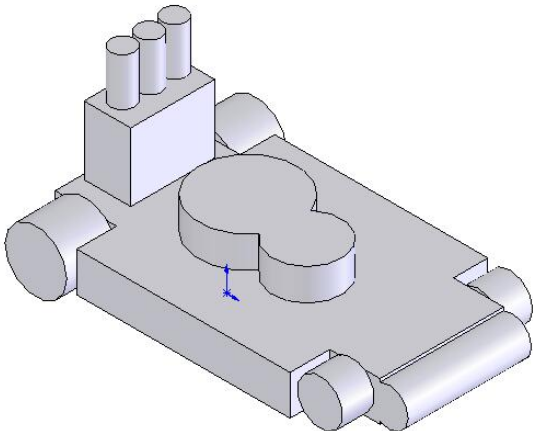
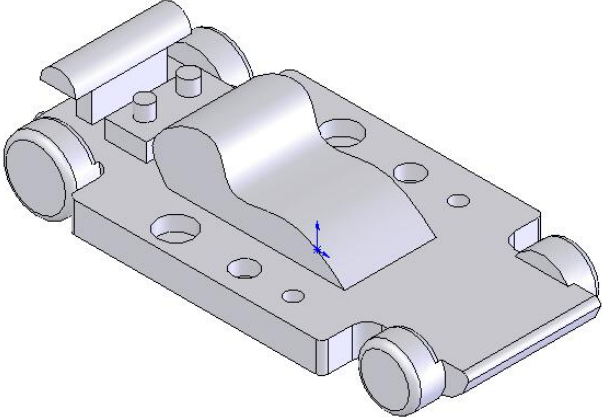
30 minutos

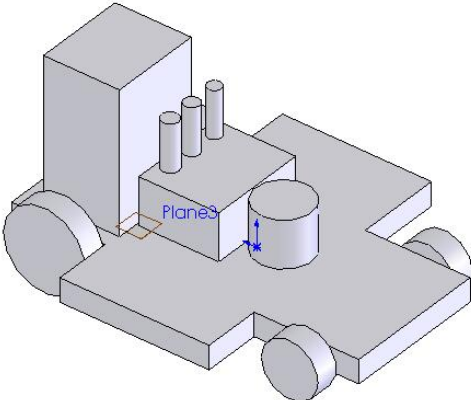
### Testes de interacção – *SolidWorks* – Grupo (DG)



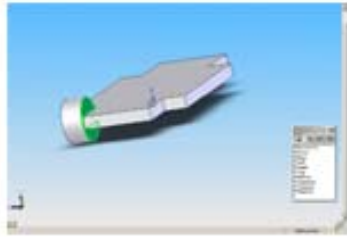




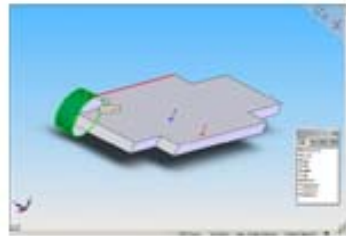




### Testes de interacção – *SolidWorks* – Evolução da tarefa - Grupo (DG)



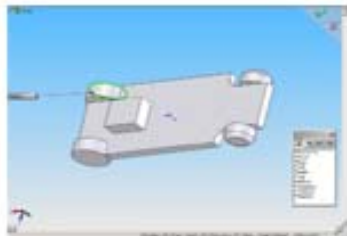
5 minutos



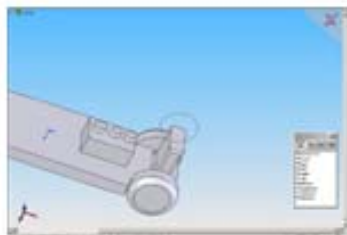
10 minutos



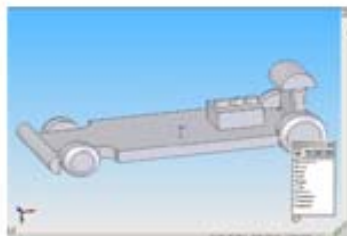
15 minutos



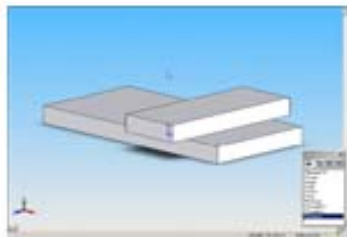
20 minutos



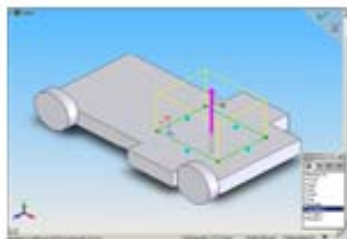
25 minutos



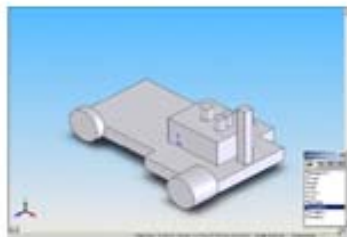
30 minutos



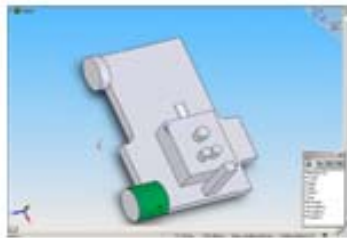
5 minutos



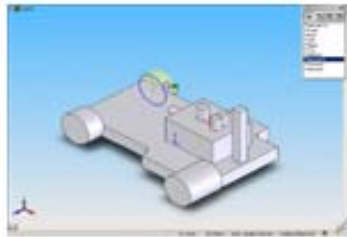
10 minutos



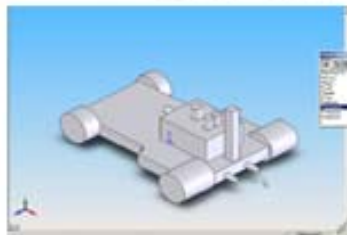
15 minutos



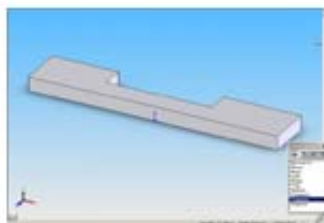
20 minutos



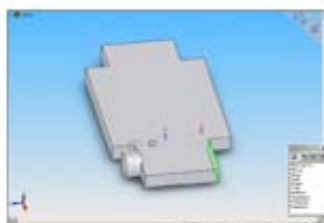
25 minutos



30 minutos



5 minutos



10 minutos



15 minutos



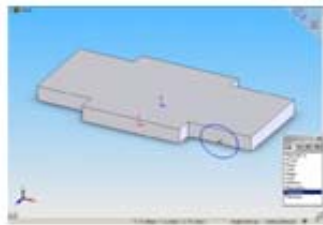
20 minutos



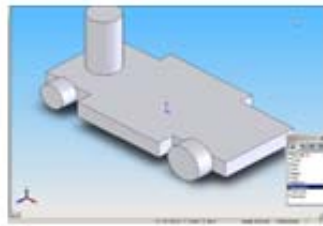
25 minutos



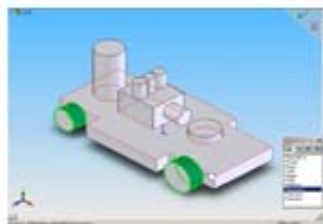
30 minutos



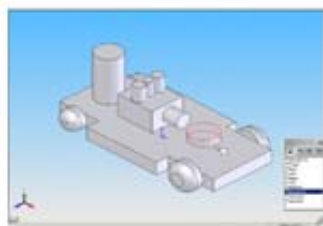
5 minutos



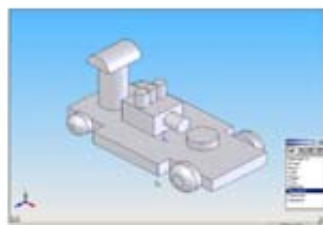
10 minutos



15 minutos



20 minutos



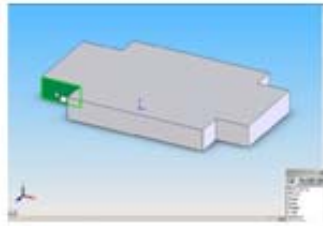
25 minutos



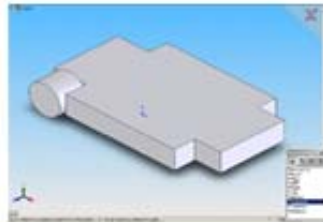
30 minutos



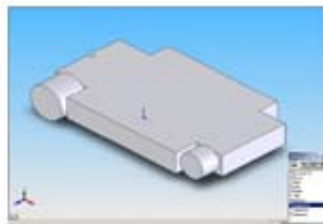
5 minutos



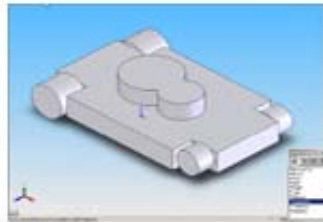
10 minutos



15 minutos



20 minutos



25 minutos



30 minutos