

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA

**A INFLUÊNCIA DA PARAMETRIZAÇÃO DOS SOFTWARES CADD  
ARQUITETURAIS NO PROCESSO DE PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA**

**THOMAZ PASSOS FERRAZ MOREIRA**

Brasília – DF  
Novembro de 2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA

**A INFLUÊNCIA DA PARAMETRIZAÇÃO DOS SOFTWARES CADD  
ARQUITETURAIS NO PROCESSO DE PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA**

THOMAZ PASSOS FERRAZ MOREIRA

ORIENTADOR:

PROF. DR. NEANDER FURTADO DA SILVA

Dissertação apresentada no Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Brasília – DF  
Novembro de 2008

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Thomaz Passos Ferraz Moreira

Dissertação defendida e aprovada

Prof. Dr. Neander Furtado da Silva  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Paulo Castilho Lima  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Neusa Mariza Leite Rodrigues Felix  
Departamento de Desenho - Instituto de Física e Matemática – Universidade Federal  
de Pelotas

Brasília – DF  
Novembro de 2008

À minha família pela paciência e apoio.

## RESUMO

Respondendo às atuais demandas do mercado e dos agentes (profissionais, clientes, empresários, etc.) da indústria da construção, diversos autores e vendedores de softwares vêm sugerindo a otimização (de tempo, custo, qualidade e integração) do atual processo de projeção arquitetônica, a partir da utilização de softwares CADD (Computer Aided Design and Drafting) Arquiteturais Paramétricos, baseados no sistema BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação do Edifício). Neste contexto, ainda não estão totalmente claras as reais diferenças práticas da adoção desses softwares paramétricos em relação aos softwares não-paramétricos, utilizados tradicionalmente na projeção arquitetônica. Assim, neste estudo elaboramos a hipótese de que essas diferenças existem e são significativas. Verificamos a veracidade da mesma por comparação entre dois grupos de arquitetos, por meio da observação e registro em formulário, da execução de um experimento prático. No desenvolvimento de um projeto arquitetônico padrão, um dos grupos utilizou um software CADD não-paramétrico (AutoCAD), enquanto o outro utilizou um software CADD paramétrico (Revit). Ao todo, foram realizados trinta experimentos individuais, sendo quinze com os usuários de cada um dos softwares selecionados. Nos resultados destes experimentos sobressaíram-se principalmente três aspectos. O primeiro aspecto refere-se ao sistema de representação do edifício, que no software paramétrico baseia-se no modelo central 3D do edifício, enquanto que no software não-paramétrico baseia-se nas vistas ortogonais 2D segmentadas do edifício. O segundo aspecto refere-se à quantidade de informações do edifício contidas no projeto arquitetônico. No software não-paramétrico limita-se às informações gráficas da geometria do edifício, enquanto que no software paramétrico são associadas adicionalmente informações não-gráficas da execução do edifício. O terceiro aspecto refere-se à execução de alterações no projeto arquitetônico. No software paramétrico as alterações são menos trabalhosas e muito menos suscetíveis a erros, em relação ao software não-paramétrico. A partir dos resultados obtidos concluímos que existem diferenças significativas com vantagens expressivas para o processo de projeção arquitetônica, quando comparadas com os resultados da utilização de software paramétrico, porque: simplifica os

procedimentos de execução de alterações nos projetos arquitetônicos; exige maiores conhecimentos técnicos dos projetistas sobre a execução da obra; e utiliza um sistema de representação projetual (modelo 3D) mais compreensível aos agentes da indústria da construção.

**PALAVRAS CHAVE:** Modelagem da Informação do Edifício (BIM); Parametrização; Projetação Arquitetônica; Projeto e Desenho Auxiliados por Computador (CADD).

## **ABSTRACT**

Answering to the current market and construction industry agents' (professionals, clients, businessmen, etc.) demands, several authors and software salesmen have been suggesting the optimization (of time, cost, quality and integration) of the current architectural project process, from the use of Architectural Parametric CADD (Computer Aided Design and Drafting) Softwares, based on the BIM – Building Information Modeling system. In this context, the real practical differences of the adoption of these parametric softwares regarding the non-parametric softwares, traditionally used in architectural projecting, are not totally clear yet. Thus, in this study, we elaborated the hypothesis that these differences exist and that they are significant. We verified the veracity of it by comparing two groups of architects, by means of observation and registration in forms, in [of] the execution of a practical experiment. In the development of a standard architectural project, one of the groups used a non-parametric CADD software (AutoCAD), while the other group used a parametric CADD software (Revit). In the whole, thirty individual experiments were performed, consisting of fifteen with the users of each one of the selected softwares. In the results of these experiments, three aspects excelled mostly. The first aspect refers to the building representation system that, in the parametric software, is based on the 3D central model of the building, while in the non-parametric software, it is based on the 2D segmented orthogonal sights of the building. The second aspect refers to the amount of information about the building contained in the architectural project. In the non-parametric software, it is limited to the graphic information of the building geometry, while in the parametric software, non-graphic informations of the building execution are additionally associated. The third aspect refers to the execution of alterations in the architectural project. In the parametric software the alterations are less laborious and much less susceptible to mistakes, regarding the non-parametric software. From the obtained results, we concluded that there are significant differences with expressive advantages to the architectural project process, when compared to the results of the use of parametric software, because: it simplifies the execution procedures of alterations in the architectural projects; it demands from the projectors greater

technical knowledge about the building execution; and it uses a more comprehensible projectual representation system (3D model) to the construction industry agents.

**KEY WORDS:** BIM – Building Information Modeling; Parametrization; Parameterization; Architecture design; CADD – Computer Aided Design and Drafting.



# Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xiv</b>
<b>SIGLAS E ABREVIATURAS</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática	3
1.2. Objetivos	6
1.3. Hipóteses de trabalho	7
1.4. Delimitação do escopo	8
1.5. Procedimentos de pesquisa	9
1.6. Estrutura de trabalho	10
<b>2. PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA</b>	<b>12</b>
2.1. Conceituações referenciais	12
2.2. Teorias sobre projeto de arquitetura	22
2.3. Evolução dos meios de representação	35
2.4. Caracterização do processo tradicional	41
<b>3. SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE AUXÍLIO AO PROJETO</b>	<b>48</b>
3.1. O potencial da computação	48
3.2. Sistemas CAD	49
3.3. Modelagem computacional	51
3.4. Sistemas OOCAD	54
3.5. Outras tecnologias computacionais	55
3.6. Nova terminologia	56
<b>4. PRESSÃO SOBRE A PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA</b>	<b>57</b>
4.1. Tecnologia computacional	57
4.2. Pressão mercadológica	58
4.3. Complexidade do processo	59
4.4. Teorias de administração	62

4.5. Explorações de vanguarda	63
4.6. Criticidade do momento	64
<b>5. SISTEMAS BIM</b>	<b>66</b>
5.1. Definição	67
5.2. Características	73
5.3. Tridimensionalidade do sistema BIM	76
5.4. Softwares BIM	82
5.5. Aplicações reais	84
5.6. Tendências	88
5.7. Limitações e problemas	89
<b>6. PARAMETRIZAÇÃO</b>	<b>93</b>
6.1. Conceituações gerais	93
6.2. Objetos paramétricos	96
6.3. Modelagem sólida paramétrica	97
6.4. Características	101
<b>7. METODOLOGIA DE PESQUISA</b>	<b>108</b>
7.1. Metodologias de pesquisas similares	108
7.2. Restrições gerais da pesquisa	111
7.3. Justificativa da metodologia de pesquisa	111
7.4. Coleta de dados da fonte primária	114
7.5. Experimento padrão	118
7.6. Organização dos dados coletados	121
<b>8. PESQUISA de campo REALIZADA</b>	<b>122</b>
8.1. Seleção dos softwares	122
8.2. Perfil dos grupos analisados	122
8.3. Aplicação dos experimentos	124
8.4. Resultados dos experimentos	126
8.5. Produtos gerados nos experimentos	142
8.6. Dificuldades enfrentadas	142

<b>9. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES</b>	<b>144</b>
9.1. Discussão	144
9.2. Conclusões	153
9.3. Desdobramentos e trabalhos futuros	156
<b>10. REFERÊNCIAS</b>	<b>159</b>
<b>ANEXO I – LISTAGEM DE SOFTWARES</b>	<b>168</b>
<b>ANEXO II – TAREFA PADRÃO</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO III – FORMULÁRIO PADRÃO</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO IV – COMPILAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS FORMULÁRIOS</b>	<b>178</b>
<b>ANEXO V – PRODUTOS GRÁFICOS DOS EXPERIMENTOS</b>	<b>190</b>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Diagrama da evolução histórica das tecnologias utilizadas na projeção arquitetônica.	36
Figura 2-2 - Construção geométrica de uma perspectiva. Gravura de Henricus Hondius.	38
Figura 2-3 - Arquiteto projetando.	39
Figura 2-4 - Esquema de construção de vistas ortogonais.	40
Figura 2-5 - Esquema de representação completa do edifício no método tradicional de projeção arquitetônica.	47
Figura 4-1 - Evolução dos sistemas computacionais.	58
Figura 5-1 - Diagrama de Evolução do BIM: Efeito x Esforço.	67
Figura 5-2 - Informações geradas pela base de dados BIM.	71
Figura 5-3 - Exemplos de modelo BIM	73
Figura 5-4 - Diagrama de inter-relações no sistema BIM	75
Figura 5-5 - Projeto da Torre da Liberdade, com AutoDesk REVIT	85
Figura 5-6 - Produtos do Modelo do Hospital “The Royal London”, com o software ADT.	85
Figura 5-7 - Projeto de renovação da “Sydney Opera House”, com sistema Bentley	86
Figura 5-8 - Projeto da “Hong Kong Tower”, desenvolvido pelo escritório Gehry Technologies	87
Figura 5-9 - Geração de documentação na tecnologia BIM	88
Figura 5-10 - A complexidade dos modelos BIM	90
Figura 5-11 - Gráfico de implementação dos sistemas BIM.	91
Figura 6-1 - Variação paramétrica na arquitetura renascentista.	94
Figura 6-2 - Objeto 3D Porta parametrizado.	105
Figura 6-3 – Esquema de representação completa do edifício utilizando o sistema BIM de projeção arquitetônica.	107
Figura 9-1 - O pesquisador na aplicação do experimento	146
Figura 9-2 – Programa virtual environment: análise da performance da luz natural do edifício com modelo Revit.	157
Figura 9-3 – Programa Autodesk Revit Structure: análise estrutural do edifício com modelo Revit.	158
Figura V-00-1 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 01	190
Figura V-00-2 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 02	191
Figura V-00-3 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 03	192
Figura V-00-4 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 04	193
Figura V-00-5 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 04	194

<b>Figura V-00-6 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 01 alterado</b>	<b>195</b>
<b>Figura V-00-7 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 02 alterado</b>	<b>196</b>
<b>Figura V-00-8 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 01</b>	<b>197</b>
<b>Figura V-00-9 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 02</b>	<b>198</b>
<b>Figura V-00-10 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 03</b>	<b>199</b>
<b>Figura V-00-11 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 01 alterado</b>	<b>200</b>
<b>Figura V-00-12 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 02 alterado</b>	<b>201</b>
<b>Figura V-00-13 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 03 alterado</b>	<b>202</b>
<b>Figura V-00-14 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 01</b>	<b>203</b>
<b>Figura V-00-15 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02</b>	<b>204</b>
<b>Figura V-00-16 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02</b>	<b>205</b>
<b>Figura V-00-17 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 01 alterado</b>	<b>206</b>
<b>Figura V-00-18 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02 alterado</b>	<b>207</b>
<b>Figura V-00-19 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 03 alterado</b>	<b>208</b>
<b>Figura V-00-20 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 01</b>	<b>209</b>
<b>Figura V-00-21 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 02</b>	<b>210</b>
<b>Figura V-00-22 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 03</b>	<b>211</b>
<b>Figura V-00-23 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 01 alterado</b>	<b>212</b>
<b>Figura V-00-24 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 02 alterado</b>	<b>213</b>
<b>Figura V-00-25 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 03 alterado</b>	<b>214</b>
<b>Figura V-00-26 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 04 alterado</b>	<b>215</b>
<b>Figura V-00-27 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 05 alterado</b>	<b>216</b>
<b>Figura V-00-28 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 06 alterado</b>	<b>217</b>
<b>Figura V-00-29 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 07 alterado</b>	<b>218</b>
<b>Figura V-00-30 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 01</b>	<b>219</b>
<b>Figura V-00-31 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 02</b>	<b>220</b>
<b>Figura V-00-32 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 03</b>	<b>221</b>
<b>Figura V-00-33 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 01 alterado</b>	<b>222</b>
<b>Figura V-00-34 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 02 alterado</b>	<b>223</b>
<b>Figura V-00-35 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 03 alterado</b>	<b>224</b>
<b>Figura V-0-36 - Software Revit Architectura, experimento D, prancha 01</b>	<b>225</b>
<b>Figura V-0-37 - Software Revit Architectura, experimento D, prancha 02</b>	<b>226</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Perfil da Amostra da Pesquisa</b>	<b>123</b>
<b>Tabela 2 - Dados consolidados das questões 5.1 e 5.2.</b>	<b>127</b>
<b>Tabela 3 - Dados consolidados da questão 5.3</b>	<b>128</b>
<b>Tabela 4 - Dados consolidados da questão 6.1</b>	<b>129</b>
<b>Tabela 5 - Dados consolidados da questão 6.2</b>	<b>130</b>
<b>Tabela 6 - Dados consolidados das questões 6.4 e 6.6</b>	<b>131</b>
<b>Tabela 7 - Dados consolidados da questão 6.7</b>	<b>133</b>
<b>Tabela 8 - Dados consolidados das questões 6.8 e 6.9</b>	<b>134</b>
<b>Tabela 9 - Dados consolidados da questão 6.10</b>	<b>135</b>
<b>Tabela 10 - Dados consolidados da questão 7.1</b>	<b>136</b>
<b>Tabela 11 - Dados consolidados das questões 7.2 e 7.3</b>	<b>137</b>
<b>Tabela 12 - Dados consolidados das questões 8.1 e 8.2</b>	<b>138</b>
<b>Tabela 13 - Dados consolidados das questões 8.4 e 8.5</b>	<b>139</b>
<b>Tabela 14 - Dados consolidados da questão 9.1</b>	<b>140</b>
<b>Tabela 15 - Principais aspectos identificados</b>	<b>147</b>
<b>Tabela 16 - Quantificação de modificações</b>	<b>152</b>
<b>Tabela 17 - Listagem dos softwares CADD</b>	<b>168</b>
<b>Tabela 18 - Compilação das informações dos formulários</b>	<b>178</b>

## **SIGLAS E ABREVIATURAS**

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
CAD	Computer Aided Design – Projeto Assistido por Computador
CADD	Computer Aided Drafting and Design – Projeto e Desenho Assistido por Computador
BIM	Building Information Modeling – Modelagem das Informações do Edifício
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção

# 1. INTRODUÇÃO

A construção é uma das mais importantes indústrias da economia mundial, sendo parte indissociável do desenvolvimento de todas as nações. Apesar de sua relevância, a atividade de construção, de maneira geral, ainda não atingiu um grau de eficiência alcançado por outros grandes setores industriais, como o automobilístico e o aeronáutico. Esta certa “defasagem” em relação a outros setores se explica por suas características peculiares de organização e divisão do trabalho, processos de produção e características dos produtos que gera (CTE - Centro de Tecnologia de Edificações, 1997). Outros aspectos que permitem a constatação desta “defasagem” na indústria da construção são descritos por FORMOSO et al. (1993) como sendo o lento desenvolvimento tecnológico, baixa eficiência produtiva, e até mesmo o baixo nível de qualidade do produto final, entre outros (CTE, 1997; FORMOSO et al., 1993 apud PERALTA, 2002, p. 16).

O constante aumento da complexidade das construções modernas em um mercado competitivo, junto a outros fatores, tem ocasionado o aumento de pressões sobre arquitetos e construtores no sentido de diminuir cada vez mais o prazo de execução dos empreendimentos. O aumento destas pressões vem resultando, muitas vezes, na existência de sobreposição entre as etapas de projeto e obra. Segundo AUSTIN et al., esta sobreposição introduz maiores demandas em todas as fases do projeto, e aumenta ainda mais a necessidade de planejamento (AUSTIN et al., 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p.04).

As principais conseqüências desta “defasagem” na área da construção são perdas (tempo e material) que geram custos adicionais indesejáveis aos empreendimentos. CORNICK (1991) e CALAVERA (1991) identificam a etapa de projeto como a principal responsável por estas perdas, e conseqüentemente um dos componentes mais intervenientes no custo e na qualidade dos empreendimentos (CORNICK, 1991; CALAVERA, 1991 apud PERALTA, 2002, p.16).



“Assim como toda a cadeia produtiva da construção civil, o setor de projetos tem sido motivado a dar início a um processo de modernização, visando, sobretudo, melhorar a qualidade do projeto gerado, uma vez que este é o elemento chave na qualidade e produtividade dos bens finais” (PSQ - Programa Setorial da Qualidade, 1997, p. 03).

Entretanto, a maior parte das pesquisas voltadas para otimização da construção concentra-se principalmente no desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gestão da produção, fato que contrasta com os poucos esforços visando à melhoria do processo de projeção (AUSTIN et al., 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p.03). Um dos fatores que ocasiona isto é o baixo custo do projeto em relação à construção, que encobre sua real importância sobre o empreendimento (PICCHI, 1993 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p.03).

A pouca atenção dada ao desenvolvimento do projeto faz com que existam nele, áreas do conhecimento (gerenciamento de informações, processos de trabalho, etc.) que não estão suficientemente desenvolvidas ou que tem um potencial muito grande de melhorias. Cabe salientar que pesquisas desenvolvidas tentando compreender analiticamente a natureza do projeto e buscando ferramentas para que o mesmo possa ser desenvolvido mais sistematicamente ainda têm sido utilizadas timidamente no setor da construção (AUSTIN et al., 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 04-05).

Desta forma, pode-se perceber a importância da projeção no processo de melhoria do desempenho dos empreendimentos da construção civil.

## 1.1. Problemática

Inegavelmente o Projeto Arquitetônico é um dos mais relevantes elementos, da cadeia produtiva da construção civil, pois a partir dele são desenvolvidos os demais projetos (instalações, estrutura, etc.) e definidas grande parte das informações (planilhas, especificações, etc.) necessárias para a execução de um empreendimento.

Assim, o arquiteto em seu trabalho de projeção sempre esteve pressionado a se otimizar e conseqüentemente sempre buscou instrumentos para evoluir. Como analisaremos mais adiante, historicamente, as melhorias no processo de projeção arquitetônica sempre estiveram associadas à incorporação das mais avançadas tecnologias disponíveis em cada época, como as técnicas do Desenho, Perspectiva, Geometria Euclidiana, e Geometria Descritiva. Segundo MASI (2007) os saltos qualitativos sofridos pela Humanidade aconteceram, ao longo dos séculos, de maneira relativamente lenta.

“A invenção das técnicas para dominar o fogo, o desenvolvimento da agricultura e do pastoreio na Mesopotâmia, as grandes descobertas científicas e geográficas realizadas entre os séculos XII e XVI. No entanto, nenhuma dessas mudanças se realizou em um espaço de tempo inferior à vida média de uma pessoa. Nenhum ser humano pôde assistir ao processo inteiro” (MASI, 2007, p. 92).

Nas últimas décadas a Humanidade tem sido surpreendida por uma rápida “multiplicidade de mudanças” (MASI, 2007, p. 92). MASI considera que estas recentes transformações foram:

“rápidas e globais, pois foram provocadas pela ação poderosa do progresso científico e tecnológico, pelas guerras mundiais e a revolução proletária, pela escolarização e pela comunicação de massa.” (MASI, 2007, p. 92).

Neste atual turbilhão de mudanças globais, o progresso tecnológico da computação tem se destacado como um poderoso instrumento de transformação da maioria das áreas do conhecimento humano, incluindo particularmente a projeção arquitetônica.

Neste contexto, nas últimas décadas uma grande parte dos atuais profissionais da área assistiu a uma “rápida” incorporação da tecnologia computacional CAD<sup>1</sup> ao processo de projeção arquitetônica, com o desaparecimento das mesas de desenho, das régua “T”, das canetas nanquim e de todo o ferramental de trabalho que vinha sendo utilizado desde a Revolução Industrial, no século XVIII. Em menos de uma geração de arquitetos (décadas de 80 e 90), a base material de trabalho da projeção arquitetônica sofreu grandes transformações, passando a se apoiar nos sistemas computacionais. Além do ferramental de trabalho, a computação também produziu reflexos na própria arquitetura, com o aumento das possibilidades de exploração de formas complexas.

Apesar desta rápida e brusca mudança no ferramental do arquiteto, percebe-se que a computação ainda não atingiu os princípios basilares do processo tradicional de projeção arquitetônica, como a hegemonia da representação bidimensional segmentada do edifício.

Assim, tanto a indústria da construção quanto a computação vem tomando ações estratégicas para explorar esse grande potencial de melhoria possibilitado pela área de projeção em geral.

Neste contexto, o presente trabalho identificou alguns fatores que evidenciam a “fertilidade” do atual momento para a ocorrência de mudanças ainda mais profundas na projeção arquitetônica:

- a) os recursos computacionais disponíveis (computadores, monitores, acessórios, hardwares, softwares, memória,

---

<sup>1</sup> CAD – Computer Aided Design, Projeto assistido por Computador.

- velocidade, capacidade de armazenagem, etc.), ainda não estão sendo utilizados em sua plenitude. Sendo assim, já se verifica uma defasagem muito grande entre os recursos tecnológicos disponibilizados pela computação e aqueles efetivamente utilizados na atividade de projeção arquitetônica;
- b) aumento da pressão mercadológica e da complexidade dos atuais projetos de construção, juntamente com a necessidade de organizar informações, avaliar possibilidades, evitar os retrabalhos e minimizar erros e interferências;
  - c) crescimento da adoção de metodologias administrativas de melhoria de processos, como: reengenharia, qualidade total, gerenciamento de projetos, etc.
  - d) crescimento da utilização de novas tecnologias computacionais aplicadas às novas explorações na área da Arquitetura, principalmente por escritórios privados em países desenvolvidos;
  - e) crescimento da oferta de disciplinas de ensino de computação, nas escolas de Arquitetura, e o crescimento do número de arquitetos com domínio da tecnologia computacional aplicada;
  - f) crescimento no mercado de tecnologias CAD para a projeção arquitetônica;

Neste atual cenário, se insere o presente trabalho, que identificou primeiramente a tecnologia BIM e depois a parametrização<sup>2</sup> dos softwares CAD, como um dos temas focais mais representativos desta convergência de forças que estão atuando para a “rearrumação” (CARVALHO e ALMEIDA, 2002) da estrutura do processo de projeção arquitetônica.

---

<sup>2</sup> Parametrização: conceito que será desenvolvido no capítulo 6 desse trabalho.

Certamente, o grande destaque da parametrização em relação às demais características emergentes, que serão tratadas nesse trabalho, deve-se à sua capacidade de reunir os principais conceitos de otimização do processo de projeção, como: industrialização, tridimensionalidade, banco de dados, informação da construção, entre outros.

O grande destaque desta pesquisa está relacionado à análise, discussão e verificação de aspectos extremamente atuais dos sistemas computacionais, relacionados ao progressivo desenvolvimento do processo de projeção arquitetônica que poderá transformar toda cadeia produtiva da indústria da construção nos próximos anos, podendo vir a ser um elemento importante para o planejamento pedagógico da formação dos futuros profissionais.

Cabe salientar que este trabalho se insere na linha de pesquisa em Tecnologia do PPG-FAU/UnB. Dentro da multidisciplinaridade desta linha de pesquisa, o escopo deste trabalho, basicamente, se insere no tema Tecnologias Computacionais, apesar de existirem aspectos inter-relacionados a outros temas como projeto, construção, industrialização e ensino, entre outros.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

O objetivo principal deste trabalho é a identificação das principais “transformações” que o processo de projeção arquitetônica tem sofrido e provavelmente continuará sofrendo, com o desenvolvimento da tecnologia

computacional e a incorporação dos sistemas de parametrização dos softwares CADD<sup>3</sup>.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Diante do objetivo principal apresentado, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Levantar o “estado da arte” <sup>4</sup> da tecnologia computacional aplicada ao processo de projeção arquitetônica;
- b) Comparar as principais diferenças entre o processo tradicional de projeção arquitetônica e aqueles que utilizam os novos sistemas computacionais parametrizados;
- c) Identificar as limitações que os softwares CADD arquitetônicos paramétricos apresentam em relação à realidade brasileira;

### **1.3. Hipóteses de trabalho**

Nesta pesquisa foram estabelecidas as seguintes hipóteses de trabalho:

1.3.1. o processo tradicional de projeção arquitetônica é modificado quando são utilizados os softwares CADD arquitetônicos paramétricos;

---

<sup>3</sup> CADD – Computer Aided Design and Drafting, que será explorado na seção 3.7 desse trabalho;

<sup>4</sup> Denominação dada pelos pesquisadores para o conjunto dos conhecimentos sobre determinado assunto existente na atualidade.

1.3.2. nos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, a projeção arquitetônica está fundamentada no desenvolvimento do modelo tridimensional virtual, minimizando assim a importância da representação segmentada do edifício por meio das vistas ortogonais (plantas, cortes e vistas) que passam à simples subprodutos obtidos de maneira semi-automática;

1.3.3. no processo de projeção arquitetônica, com softwares CADD arquitetônicos paramétricos, foi introduzida uma vinculação direta com o processo executivo/construtivo da edificação, incluindo a exigência de aumento de informações geradas e gerenciadas pelo arquiteto desde o início do projeto;

1.3.4. nos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, a execução de modificações nos projetos arquitetônicos é tornada uma atividade mais simples e com menos propensão a erros.

## **1.4. Delimitação do escopo**

O escopo deste trabalho é restrito à exploração específica de uma das características básicas dos sistemas BIM – Building Information Modeling dos softwares CADD: a parametrização<sup>5</sup>.

Assim, merecem ser destacados os seguintes aspectos, que estão relacionados ao desenvolvimento do tema, mas que não serão analisados ou discutidos (não-escopo) em profundidade nessa dissertação:

1.4.1. A análise sistemática (aferição) da “qualidade” do produto arquitetônico resultante da utilização das novas tecnologias computacionais aplicadas à projeção arquitetônica;

---

<sup>5</sup> O conceito de parametrização será melhor desenvolvido no capítulo 6 desse trabalho;

1.4.2. A análise sistemática (aferição) do desempenho operacional dos softwares utilizados na projeção arquitetônica;

1.4.3. A análise da tecnologia CAM<sup>6</sup> – “Computer Aided Manufacturing” – Manufatura Auxiliada por Computador, relacionada ao maior controle, pelos projetistas, da produção de componentes da construção;

1.4.4. A análise de outras tecnologias computacionais relacionadas ao auxílio da projeção arquitetônica como: a simulação de ambientes de realidade virtual, PGA – Program Generated Architecture (Arquitetura Gerada por Programa de Informática) como “algoritmos genéticos” e programas de simulação de condicionantes ambientais, entre outros.

## **1.5. Procedimentos de pesquisa**

Na metodologia adotada na pesquisa, descrita no Capítulo 7, destacou-se os seguintes pontos:

1. Levantamento de pesquisas similares realizadas na área;
2. Listagem e seleção dos principais softwares utilizados no processo de projeção arquitetônica;
3. Definição da metodologia da pesquisa, com aplicação de formulários semi-estruturados, para desenvolvimento pesquisa;
4. Seleção dos participantes para os experimentos, em função da disponibilidade e habilidade;
5. Aplicação individual dos experimentos com acompanhamento do pesquisador;



## 1.6. Estrutura de trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

O presente Capítulo 1 faz uma introdução ao trabalho, apresentando os aspectos que nortearam a pesquisa e que serão desenvolvidos e aprofundados ao longo dos demais capítulos.

No Capítulo dois apresenta-se a fundamentação teórica sobre a Projeção Arquitetônica, descrevendo os principais conceitos sobre o assunto, a evolução dos meios de representação e a discussão sobre o método tradicional de projeção.

No Capítulo três continua-se a fundamentação teórica sobre os sistemas computacionais de auxílio à projeção arquitetônica apresentando e explicando os sistemas CAD e sua evolução.

No Capítulo 4 apresentam-se os fatores que vêm pressionando a projeção arquitetônica, e que servem de base para os novos sistemas computacionais de auxílio à projeção arquitetônica.

No Capítulo 5 retorna-se ao desenvolvimento da fundamentação teórica, descrevendo os Sistemas BIM – Building Information Modeling, apresentando e explicando suas principais características e destacando a parametrização.

No Capítulo 6 conclui-se a fundamentação teórica descrevendo a parametrização, apresentando suas principais características.

No Capítulo 7 apresenta-se a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa de campo.

No Capítulo 8 apresenta-se o experimento realizado.

---

<sup>6</sup> CAM – Computer Aided Manufacturing ou Manufatura Auxiliada por Computador.

Finalmente, no Capítulo 9 são reunidos, compilados e discutidos os resultados encontrados. Além disso, elaboram-se as recomendações para futuras pesquisas, devido à exigüidade de tempo decorrente dos prazos do calendário acadêmico do Mestrado.

Quanto ao conteúdo dos anexos:

O Anexo I apresentamos a Listagem dos Softwares atualmente disponibilizados pelo mercado.

O Anexo II apresentamos a Tarefa Padrão utilizada no experimento.

O Anexo III apresentamos o Formulário Padrão utilizado no experimento.

O Anexo IV apresentamos a planilha com a organização das informações coletadas nos experimentos.

O Anexo V apresentamos alguns dos produtos impressos gerados nos experimentos realizados.

## 2. PROJEÇÃO ARQUITETÔNICA

### 2.1. Conceituações referenciais

Os conceitos apresentados a seguir são referenciais importantes na delimitação do foco do trabalho.

#### 2.1.1. Arquitetura

Uma definição precisa de arquitetura é muito difícil, dada a sua amplitude e complexidade. No entanto, o excerto a seguir, escrito por Lúcio Costa, costuma gozar de certa unanimidade quanto à sua abrangência, pois sintetiza as várias teorias propostas por arquitetos pertencentes à arquitetura moderna:

*"Arquitetura é antes de mais nada de construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto, desde a germinação do projeto, até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada."*  
(COSTA, 1995, p. 246)

Nesta mesma linha Mies Van der Rohe afirmou que “arquitetura é construção” (NEUMEYER, 1986, apud SERRA, 2006, p. 34). E ARTIGAS confirmou:

*“porque arquitetura no papel não é arquitetura, ela só existe quando construída. Sem isso é projeto de arquitetura, jamais arquitetura; é linguagem sobre como fazer, meio intermediário de realizar”.*  
(ARTIGAS, 1989, apud SERRA, 2006, p. 34)

As definições acima são importantes no contexto desse trabalho, pois evidenciam a distinção entre o processo de projeção e o objetivo finalístico – a arquitetura ou construção.

### **2.1.2. Projeto**

Etimologicamente, projetar vem do latim “projectu”, e significa: lançar para diante. No caso das idéias, significa uma idéia que se formaliza visando executar ou realizar algo no futuro. No caso da arquitetura, essa idéia se formaliza codificando um cenário futuro a ser concretizado, e as ações necessárias para que ele venha a se realizar. No seu viés filosófico, o projeto representa a antecipação das possibilidades, isto é, qualquer previsão, predição, predisposição, ordenação prospectiva, predeterminação, etc., que se constitua em meta, como também a maneira de ser ou de agir que é própria a quem recorre a possibilidades. Tanto na filosofia existencialista de HEIDEGGER quanto nos desdobramentos especulados por SARTRE, o conceito de projeto (do mundo, do homem, etc.) encontra-se visceralmente vinculado aos conceitos do querer e da vontade humana. Por ser produto da vontade humana, o projeto está sujeito à angústia de sua constante possível modificação, a partir da permanente procura, por parte dos seres humanos, da melhoria de suas condições de vida (HEIDEGGER, SARTRE, apud HOLANDA e KOHLSDORF, 1994, s.pg.)

O mundo é repleto de utensílios, máquinas, prédios, móveis, e tantas outras coisas que os homens necessitam ou desejam para tornar suas

vidas melhores. De fato, qualquer coisa a nossa volta que não seja parte da natureza foi projetado por alguém. Apesar de existir este grande volume de atividades de projeto ocorrendo sempre, as formas através das quais as pessoas projetam são pouco compreendidas (CROSS, 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 9).

Para BOUTINET (1990), o projeto é “mais que um conceito, uma figura emblemática da nossa modernidade” e “em oposição às sociedades tradicionais, a nossa cultura tecnológica fala cada vez mais em projeto”. Ainda o mesmo autor registra que “o termo projeto é, na nossa cultura, de invenção relativamente recente”. Nem todas as línguas dispõem de termos homólogos ou que tenham significados idênticos. (BOUTINET, 1990, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg)

Ainda BOUTINET (1990) registra que não existia termo semelhante à palavra projeto no vocabulário Grego ou no Latino. “O termo projeto surge, ao que parece, numa forma regular, no decorrer do século XV” e somente em meados do século XX adquire o sentido atual. (BOUTINET, 1990, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg)

Em diferentes contextos a palavra projeto pode representar uma variedade tão grande de situações que os processos associados a estas parecem ter pouco em comum. Sua principal semelhança é a ênfase na criação de objetos ou lugares que tem um propósito prático e que serão observados e utilizados. Assim sendo, a tarefa de projetar pode ser descrita como a produção de uma solução (ênfase no produto) e também como a resolução de problemas (ênfase no processo) (LAWSON, 1997 apud PERALTA, 2002, p.23). Diversos autores descrevem o projeto de diferentes formas em função destes diferentes contextos e também pela variedade de tipos de projeto existentes. Quando se trata de projeto de edificações, os conceitos apresentados na bibliografia também diferem, de acordo com a ênfase de análise adotada por cada autor.

GRAY et al. (1994) definem o projeto como “uma forma de expressão pessoal e também uma forma de arte”. Estes autores consideram

que o projeto é uma resposta aos requisitos do cliente, que requer criatividade e originalidade para seu desenvolvimento. Assim, definem o projeto como uma solução criativa e eficiente para um problema (GRAY et al., 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 9).

A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura - ASBEA define que:

*"a palavra projeto significa, genericamente, intento, desígnio, empreendimento e, em sua acepção técnica, um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias a concretização de um objetivo."* (ASBEA, 2002, p. 25)

Conforme a NBR 5670, a palavra projeto significa:

*"definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções, e disposições especiais".* (ABNT, 1977, p. 07)

Por sua vez, a norma NBR13.531 define a elaboração de projeto de edificação como:

*"a determinação e representação prévia dos atributos funcionais, formais e técnicos de elementos de edificação a construir, a pré-fabricar, a montar, a ampliar, (...), abrangendo os ambientes exteriores e interiores e os projetos de elementos da edificação e das instalações prediais."* (ABNT, 1995, p. 02)

SOUZA (1997) define o projeto como a concepção e desenvolvimento do produto, a partir da identificação das necessidades dos clientes finais. O mesmo autor afirma que a qualidade da solução de projeto determina a qualidade do produto final, ou seja, que o projeto tem implicação direta sobre o grau de satisfação dos clientes finais. O autor enfatiza ainda o

forte impacto do projeto sobre o processo de produção da edificação (SOUZA, 1997, p. 03).

MELHADO (1994) descreve que o projeto de edificações especificamente deve incorporar a visão de produto, ou seja, a forma (elementos estéticos), funções e também o processo de produção do mesmo. De acordo com esta definição, existem dois tipos básicos de informações que devem também ser incorporadas ao projeto, sendo elas tecnológicas e gerenciais (MELHADO, 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 10).

O projeto é inequivocamente um produto e um processo, ou seqüência interativa de momentos de criação (e de descrição do imaginado) e de avaliação de desempenhos (RITTEL, 1970, p. 17).

Neste trabalho a palavra projeto é usada para referir-se ao contexto estático ou ao resultado (ou resultados) da projeção.

### **2.1.3. “Design”**

Na tentativa de esclarecer o significado do termo projeção adotado neste trabalho, faz-se necessário primeiramente buscar a tradução do termo “design”, em especial da expressão “architectural design”, usada em língua inglesa em questões que se referem ao desenvolvimento de atividades projetuais de arquitetura, principalmente, quando considerado o processo e o seu contexto.

A origem da palavra “design” está no termo latim “designare”, trata-se de um verbo que abrange tanto o sentido de designar algo como também o de desenhar algo. Segundo DENIS, percebe-se que, do ponto de vista etimológico, o termo já contém nas suas origens uma “ambigüidade, uma tensão dinâmica, entre um aspecto abstrato de conceber-se/projetar/atribuir e outro concreto de registrar/configurar/formar”, que merece ser restringido (DENIS, 2000, p. 16).

Em inglês, a palavra “design” pode ser usada tanto como um substantivo quanto como um verbo. O verbo refere-se a um processo de dar origem e então desenvolver um projeto de algo, que pode requerer muitas horas de trabalho intelectual, modelagem, ajustes interativos e mesmo processos de re-“design”. O substantivo se aplica tanto ao produto finalizado da ação (ou seja, o produto de “design” em si), ou o resultado de se seguir o plano de ação, assim como também ao projeto de uma forma geral.

O termo em inglês é bastante abrangente, mas quando os profissionais o absorveram para o português, queriam designar somente a prática profissional do “design”. Era preciso, então, diferenciar “design” de “drawing” (ou seja, o projeto é diferente do desenho), enfatizando que a profissão envolvia mais do que a mera representação das coisas projetadas. Na língua espanhola também existe essa distinção: existem as palavras “diseño” (que se refere ao “design”) e “dibujo” (que se refere ao desenho).

Estudos etimológicos de GOMES (1997) indicam que também no português existiam essas nuances de significado, com as palavras debuxo, esboço e outras significando o mesmo que “dibujo” e desenho comportando toda a riqueza de significados do “diseño”. O arquiteto brasileiro João Batista Vilanova ARTIGAS (1981), em um ensaio intitulado “O desenho”, faz referências ao uso durante o período colonial da palavra desenho com significado de desejo ou plano.

Na Bauhaus, adotou-se a palavra “Gestaltung”, que significa o ato de praticar a “gestalt”, ou seja, lidar com as formas, ou formatação. Quando traduzida para o inglês, adotou-se “design”, usada para se referir a “projetos”.

ARTIGAS (1981)<sup>7</sup> tentou resolver a questão propondo a palavra desígnio como sendo a tradução correta de “design”, pois dessa forma, este apresentaria diferenças do simples “desenho”. Apesar de ser desenho, o “design” possuiria algo mais: uma intenção (ou desígnio). Entretanto, apesar

---

<sup>7</sup> Conforme <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Design>>. Acesso em: 02/12/2007.



das pesquisas realizadas pelo arquiteto, sua proposta não foi adotada. Porém, ARTIGAS (1981) considera legítimo também o uso da palavra "desenho" como tradução de "design", devido ao seu contexto histórico: ARTIGAS (1981) explora os significados da palavra desenho e vai até o Renascimento, quando o desenho possuía um conteúdo mais abrangente que o mero ato de rabiscar.

#### **2.1.4. Projetação**

Neste trabalho utiliza-se o termo projeção utilizado por OLIVEIRA (2001) para "referir-se ao projeto em ação, o projeto sendo desenvolvido, considerando-se as suas interfaces e inter-relações, ou seja, o projeto dentro de um contexto dinâmico". Assim, a palavra projeto passa a ser usada para referir-se ao estático ou ao resultado (ou resultados) da projeção. (OLIVEIRA, 2001, s.pg.)

Neste contexto a projeção (arte de projetar) é considerada como sendo:

"uma das principais características da tecnologia, das diversas engenharias especializadas como também da arquitetura e do desenho industrial. É associada aos processos de criação de objetos artificiais, materiais ou não" (THIOLLENT, 1994 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

REGO (2001) entende o processo projetual ou de projeção como concepção, validação, desenvolvimento e formalização do espaço arquitetônico, através da interação entre o(s) arquiteto(s) e a idéia, configurada em objeto por meio da representação gráfica - desenhos - e/ou física - maquetes (REGO, 2001, s.pg.).

Neste trabalho também se utiliza o termo projeção, como uma tentativa de tradução do termo "design", discutido na seção anterior e usado em língua inglesa em questões que se referem ao desenvolvimento de

atividades projetuais de arquitetura e engenharia, principalmente, quando considerado o processo e o seu contexto.

Com isto, a adoção do termo projeção, tanto para traduzir “design”, quanto para tratar o projeto de arquitetura devidamente contextualizado e dinâmico, atende bem aos propósitos deste trabalho, principalmente a partir da definição dada por THIOLENT (THIOLENT, 1994 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.) e por outros autores:

“O “design” é um processo de transformação das idéias das pessoas em formas... Ao transformar o invisível no visível, o “design” é também a operação de transformação das entidades espirituais em entidades físicas (K. EKUAN, 2002 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

“O “design” não reside nos produtos acabados, mas no ato de fazê-los. Não no resultado, mas no processo” (BRANZI, 2000, s.pg).

“O “design” é um processo. Ele começa com a definição de um propósito e avança através de uma série de questões e respostas no sentido de uma solução” (BERNSEN, 1995, p. 10).

#### **2.1.5. Processo de projeção**

MARKUS e ARCH (1973) entendem que a maior parte das descrições do processo de projeção, tanto as teóricas como as baseadas em estudos empíricos, reconhecem dois padrões básicos. O primeiro é o processo criativo, que descreve uma seqüência de tomadas de decisões que ocorre individualmente com cada projetista. Este é descrito através de modelos que buscam exprimir como os projetistas desenvolvem seus trabalhos, a partir de um conjunto de informações previamente definidas. O segundo é o processo gerencial, no qual uma fase de projeção segue a outra. Este é descrito através da subdivisão do processo de projeção em etapas, que divide o tempo total para a tomada de decisões em fases que se desenvolvem do geral

e abstrato ao detalhado e concreto (MARKUS E ARCH, 1973 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 10).

#### **2.1.5.1. Processo criativo**

Para compreender melhor a natureza da projeção é necessário o entendimento do processo de tomada de decisões, na forma como ela ocorre individualmente por parte de cada projetista (TZORTZOPOULOS, 1999, p. 15).

MARKUS e ARCH (1973) apresentam um dos modelos do processo criativo mais citado na bibliografia. Os autores apresentam um modelo horizontal do processo, relacionado ao processo criativo, e um vertical, relacionado ao processo gerencial. O modelo horizontal é apresentado como uma maneira de compreender o pensamento dos projetistas, sendo subdividido em três estágios principais: análise, síntese e avaliação. A tomada de decisão ocorrerá com a repetição desta seqüência de estágios, sendo as decisões de projeto desenvolvidas no modelo vertical, do geral e abstrato ao particular e concreto (MARKUS E ARCH, 1973 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 16).

O modelo proposto pelo Royal Institute of British Architects (RIBA, 1980) descreve as atividades desenvolvidas no processo criativo de projeção, e sugere uma abordagem quanto à natureza e os conteúdos das diversas fases nas quais as atividades podem ser agrupadas, assim como suas relações em uma seqüência de tempo. A natureza do processo criativo de projeção é explicitada através de sua divisão em quatro fases: Assimilação, Estudo Geral, Desenvolvimento e Comunicação (RIBA, 1980 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 17).

O modelo apresentado por GRAY et. al (1994) considera que a projeção, como um processo de resolução de problemas, nem sempre é bem definida em função dos diferentes interesses (clientes finais, investidores, obra, tecnologia e processo de construção) que devem ser satisfeitos. Estes fatores podem, muitas vezes, provocar gargalos na definição do problema e em sua resolução inicial. Este modelo compreende quatro fases do chamado “reflective

design process”: Interpretação, Geração, Comparação e Escolha (GRAY et. al, 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 18).

CROSS (1994) descreve a existência de dois tipos básicos de modelos de projeção como processo criativo, sendo estes os descritivos e os prescritivos. No modelo descritivo, ou simplificado, a partir de uma solução inicial desenvolvida pelo projetista, ocorrem as fases descritas como exploração, geração, avaliação e comunicação. O modelo prescritivo é descrito através de sete estágios: elucidação de objetivos, estabelecimento de funções, composição de requisitos, determinação de características, geração de alternativas, avaliação das alternativas, e melhoria de detalhes (CROSS, 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 20).

#### **2.1.5.2. Processo gerencial**

A projeção de edificações é um dos sub-processos mais importantes da construção civil. Assim sendo, devem ser identificadas as relações existentes entre o processo de projeção e os demais processos da construção civil, particularmente aqueles relacionados ao gerenciamento do empreendimento. Esta identificação busca salientar a importância da visão sistêmica através de um melhor entendimento das relações e interdependências existentes na construção.

Na bibliografia existem diversas definições para as etapas do processo de construção. Estas são descritas muitas vezes de formas diferenciadas e com variações quanto ao número e à nomenclatura utilizados. Da mesma forma, como não existe um padrão para a definição das etapas do processo de construção, este também não é definido de forma consagrada para o projeto.

Autores como MESSEGUER (1991), PICCHI (1993) e o SEBRAE/SINDUSCON-PR (1995), subdividem o processo em três etapas, sendo estas: estudos preliminares; anteprojeto e projeto definitivo (por vezes chamado projeto executivo), e/ou projeto detalhado. Outra etapa descrita,

desenvolvida em paralelo com o anteprojeto, é a de "projetos legais", elaborados para a obtenção das aprovações necessárias em órgãos públicos e concessionárias de serviços públicos (MESSEGUER, 1991; PICCHI, 1993; SEBRAE/SINDUSCON-PR, 1995; apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 23).

MELHADO (1994) descreve que o processo passa por etapas conceitualmente progressivas. Ele apresenta a subdivisão do processo em sete etapas, sendo estas: Idealização do Produto; Estudo Preliminar, Anteprojeto, Projeto Executivo, Projeto para Produção; Planejamento e Execução; Entrega. (MELHADO, 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 23).

Conforme a norma NBR 13.531 (ABNT, 1995), as etapas do projeto podem ser divididas conforme segue: Levantamento; Programa de Necessidades; Estudo de Viabilidade; Estudo Preliminar; Anteprojeto e/ou Pré-execução; Projeto Legal; Projeto Básico (opcional) e Projeto para Execução. A norma descreve de forma genérica o conceito relativo a cada etapa descrita, e considera esta subdivisão como partes sucessivas em que pode ser desenvolvido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificações, seus elementos, instalações e componentes. Entretanto, os itens da norma que abordam a subdivisão dos processos de projeto e do empreendimento apresentam-se bastante genéricas, com lacunas e indefinições com relação aos conceitos que abrangem.

## **2.2. Teorias sobre projeto de arquitetura**

Ao longo dos tempos, foram formuladas teorias que contribuíram para a estruturação da arquitetura como disciplina, sendo importantes para a compreensão da formação do método tradicional de projeção arquitetônica.

### 2.2.1. Tratados clássicos

Toda análise sobre a estruturação do conhecimento arquitetônico inicia-se com o estudo das primeiras disposições escritas que são conhecidas na arquitetura ocidental. A tratadística de arquitetura começa com a recuperação, em 1414, do célebre “De Architectura Libri Decem” do arquiteto e engenheiro romano Marcos Vitruvius Polião, um documento do século I a.C.. A partir dele uma vasta produção de escritos vai, no decorrer dos séculos seguintes, desenhar e definir a arquitetura como uma disciplina, na forma de vinculação entre a teoria e a prática arquitetônicas, na abrangência e limite de seu campo de atuação e na constituição de um tipo de profissional para atender a uma atividade que se queria liberal.

Para entender como Vitruvius aborda o projeto é preciso primeiro definir os princípios que serviram de base para sua teoria: firmitas (que se refere à estabilidade, ao caráter construtivo da arquitetura e à durabilidade), utilitas (que originalmente se refere à comodidade e ao longo da história foi associada à função e ao utilitarismo) e venustas (associada à beleza e à apreciação estética). Desta forma, e segundo este ponto de vista, uma construção passa a ser chamada de arquitetura quando, além de ser firme e bem estruturada (firmitas), possuir uma função (utilitas) e for, principalmente, bela (venustas). Há que se notar que Vitruvius contextualizava o conceito de beleza segundo os conceitos clássicos. Portanto, a venustas foi, ao longo da história, um dos elementos mais polêmicos das várias definições da arquitetura. (PERRAULT, 1988, apud OLIVEIRA, 2002, p. 36; VITRUVIUS, 1960, p. 17)

PERRAULT (1988) comenta, na sua tradução do tratado de Vitruvius, que “esta divisão das coisas que pertencem à arquitetura é muito obscura”, e que outros eruditos como Votton, Philander, Barbaro e Scamozzi tiveram a mesma dificuldade para compreender o sentido exato destes termos (PERRAULT, 1988, apud OLIVEIRA, 2002, p. 36).

No tratado de Vitruvius (Século I a.C.) encontram-se as primeiras referências sobre planta baixa, fachada e perspectivas:

*“Quanto à disposição, é o arranjo adequado das coisas e um efeito elegante da obra graças a arranjos com qualidade. As formas da disposição, que em grego se dizem “idéai”, são estas: planta (“ichnographia”) é o uso contido, na medida certa, do compasso e da régua, por meio dela se podem delinear os traçados das formas nos solos dos terrenos. E a “orthographia” é a representação vertical da fachada e a figura desenhada por meio de cálculos, nas medidas certas, respeitadas as proporções da altura da obra. Do mesmo modo, a “scaenographia” é o desenho da fachada e dos lados em perspectiva e a convergência de todas as linhas ao ponto de fuga.” (TUFFANI, 1993, p. 103)*

É importante ressaltar que Vitruvius estava preocupado com o produto – a edificação arquitetônica, apesar de sua obra apresentar conceitos referenciais relevantes para o foco dessa dissertação - o processo de projeção arquitetônica.

Até a recuperação, no início do séc. XV, do tratado de Vitruvius, não se tinha conhecimento de nenhuma fonte escrita que pudesse servir de referência para o estabelecimento de um sistema teórico-prático para a arquitetura. Talvez possamos explicar esse fato lembrando que, na Idade Média, era proibida a divulgação dos segredos da arte de construir para aqueles que não pertencessem às irmandades de artesãos ou associações corporativas. Não era possível a comunicação através da forma escrita justamente por essa imposição de manter o conhecimento especializado fechado no âmbito dos agremiados. A peculiaridade da transmissão desse saber restringiu o aprendizado de forma que esse ocorresse apenas dentro de uma relação de subordinação de um aprendiz a um mestre, no limite da prática das oficinas (PERRAULT, 1988 apud OLIVEIRA, 2002, s.pg.).

As anotações deixadas pelos mestres medievais como o Livro da Corporação dos Mestres-Pedreiros, do arquiteto profissional Villard de Honnecourt, escrito em meados do séc.XIII (aprox. 1235), não ajudavam em nada a tarefa de elaboração de um corpo teórico que levasse a arquitetura ao lugar albertiano de “cosa mentale” (HONNECOURT, séc. XIII apud OLIVEIRA, 2002, s.pg.). O livro conta do caráter eminentemente prático do arquiteto medieval. Ele está cheio de imagens. São desenhos selecionados de soluções construtivas e de ornamentos, roteiros gráficos da geometria prática da construção, esboços de máquinas, números e fórmulas. São experiências anotadas por um profissional que vivenciava o canteiro de obras. Nada que lembrasse o ordenamento sistemático e o apego ao literário que caracterizaram os tratados, sobretudo os primeiros. Não havia muita preocupação em ilustrar os elementos de projeto e a construção.

O tratado do arquiteto Leon Battista Alberti (1404-1472) “De re aedificatoria”, tinha o claro intuito de não só recuperar, mas, sobretudo atualizar a arquitetura clássica, superando a falta de organicidade que via na obra de Vitrúvio. Esta foi a primeira descrição do projetar como uma seqüência de momentos inter-relacionados de “informação, análise, síntese e avaliação”, que se tornou contemporaneamente um lugar comum nas teorias de projeto (ALBERTI, 1986, apud OLIVEIRA, 2002, p. 23).

### **2.2.2. Métodos sistemáticos**

Embora a produção de artefatos remonte às origens da civilização, até a chamada Revolução Industrial, iniciada na Grã-Bretanha a partir do século XVIII, o que predominava era a execução de artefatos diretamente da “mente do artesão para os materiais a serem processados” (BORGES e NAVEIRO, 2001, s.pg.). Até mesmo na produção em quantidade, como se pode verificar na antiga Roma (a partir do século IV a. C.), a atividade de projeção não existia efetivamente ou, quando havia não era como se preconiza atualmente, a não ser por registros de algumas formas ou idéias acerca do artefato, “não se constituindo numa descrição completa do artefato”



ou, então, através de um modelo físico do mesmo. Na construção de edificações não era diferente. Os artífices erigiam a sua obra diretamente no sítio da construção (BORGES e NAVEIRO, 2001, s.pg.).

Até o final do século XIX e princípio do XX as atividades de projeção e de manufatura eram predominantemente indistintas e ocorriam quase que simultaneamente e executadas pelo mesmo profissional (ou artesão). Com o advento da administração ou organização científica do trabalho, também conhecida como Taylorismo, estas atividades foram dissociadas; no entanto, as atividades projetuais não se davam segundo métodos e processos estruturados como ocorre atualmente (BORGES e NAVEIRO, 2001, s.pg.).

CROSS (1984) considera que a origem dos novos métodos de projeção surgidos nos anos 50 e 60 deveram-se à aplicação de métodos científicos para a solução de problemas surgidos principalmente com a 2ª guerra mundial e decorrentes do desenvolvimento de técnicas mais criativas na década de 50. Pode-se, também, atribuir o desenvolvimento da projeção ao incremento e à complexidade dos produtos e dos processos de manufatura e de construção (CROSS, 1984 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

CROSS ainda registra que nos anos 60 iniciou-se a discussão acadêmica, resultando na criação do “Movimento dos Métodos de Projeção” que se desenvolveu, principalmente, com a realização das conferências de Londres (1962), Birmingham (1965), Portsmouth (1967) e Cambridge (1969). A “*Conference on Design Methods*”, realizada em Londres, em setembro de 1962, foi considerada como o marco inicial dos modernos Métodos de Projeção, ocasião em que o assunto recebeu reconhecimento pelos meios acadêmicos. Os primeiros livros sobre Metodologia de Projeção também apareceram neste período: Hall (1962), Asimov (1962), Alexander (1964) e Archer (1965), entre outros (CROSS, 1984 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

Assim, uma importante fonte de informação a respeito dos recentes métodos de projeto pode ser obtida por meio da leitura daqueles autores que

se ocuparam desse assunto nos idos das décadas de 60 e 70. Nessa época, um descontentamento geral com os procedimentos de projeto tradicionais, estimulou um grande número de pessoas e instituições a pesquisar alternativas ao mesmo, por que consideravam não estar resolvendo satisfatoriamente os complexos programas arquitetônicos do mundo moderno.

A lista de autores que trabalharam nessas questões é grande e não se esgotou naquela ocasião. As investigações nesta área continuam até hoje nas diversas ramificações que o assunto traz, mas certamente a década de sessenta foi um marco crítico. Basta lembrar as propostas polêmicas de Christopher Alexander ou dos trabalhos de Amos Rappoport, Kantor, C.Jones, G. Broadbent e tantos outros, e também da grande quantidade de conferências que se realizaram naquela época, para não suscitar dúvida da importância daquele momento (OLIVEIRA, 2002, s.pg.).

O que existe de comum entre estes trabalhos e o dos primeiros tratadistas analisados, é a necessidade de sistematizar o processo de criação na arquitetura, e otimizá-lo para que pudesse responder adequadamente à enorme responsabilidade social de sua prática. Mas possuem também grandes diferenças quanto ao ponto focal de suas preocupações. Vitruvius e Alberti estavam estruturando a disciplina arquitetônica, definindo, para além da operacionalidade, seus princípios éticos e estéticos.

Estas investigações mais recentes, muito embora tivessem um fundamento ético, se preocuparam apenas com as questões operacionais da arquitetura, no limite do processo e não do produto da concepção. Além disso, cabe lembrar o tempo enorme que os separa, com todas as evidentes diferenças que traz. Portanto, estabelecer uma relação entre estes métodos, só vale para compreender aquilo que é permanência, no complexo de meios que se combinam para realizar o que chamamos arquitetura.

Foi por acreditarem que a projeção arquitetônica não estava mais cumprindo o seu fim, que alguns profissionais resolveram incorporar a seu trabalho técnicas que pertenciam a outras áreas do conhecimento. Todos

concordavam que o processo de projeto compreendia as etapas de informação, análise, síntese, avaliação e implementação, dinamizadas pelo mecanismo de realimentação entre elas. Mas o problema era que, com os programas muito complexos, o arquiteto contemporâneo deparava-se com uma enorme quantidade de variáveis no projeto. Isso levava a um nível de indeterminação extremamente nocivo ao resultado do trabalho, como o comprovavam os inúmeros edifícios mal sucedidos em sua finalidade útil e social. Tratava-se, então, de apoiar cada uma daquelas etapas em técnicas científicas que pudessem imprimir um alto grau de racionalidade ao processo, reduzindo drasticamente o percentual de incerteza e erro na tomada de decisões projetuais.

O chamado método tradicional de projeto, cujos procedimentos têm sua origem nos tratados, era definido como aquele em que o arquiteto se aproximava do problema de uma maneira quase intuitiva. A análise dos dados e a escolha de soluções apoiavam-se basicamente nas experiências anteriores da arquitetura e nas do próprio arquiteto, bem como na sua capacidade para perceber a estrutura do problema em seu conjunto e avaliar suas possibilidades. Sem dúvida que por esse método o arquiteto deveria ter aquelas qualidades que Vitruvius e Alberti consideravam indispensáveis: um profundo conhecimento das questões técnicas e históricas da própria arquitetura e um conhecimento razoável das outras ciências, capacidade de juízo (conhecimento e moderação), experiência e habilidade. Os pesquisadores do método sistemático achavam preferível não esperar tanto dos arquitetos e proteger os usuários do arbítrio das qualidades pessoais.

No método sistemático as técnicas da matemática, bem como aquelas da sociologia, da comunicação e de tantas outras ciências eram empregadas principalmente nas etapas de informação, análise e avaliação para clarificar a estrutura do problema. Métodos estatísticos e modelos matemáticos como os diagramas derivados da teoria dos conjuntos, as malhas da teoria dos grafos e as matrizes de interação, foram utilizados no cruzamento dos dados para indicar problemas conflitantes e tendências, para a

classificação das atividades e para a análise de intrincados padrões de circulação.

Através desses instrumentos os arquitetos diminuían a enorme complexidade dos dados e solicitações a um tamanho que pudessem controlar. Feito isso, o número de alternativas de solução reduzia-se, e a seleção de uma delas dava-se segundo critérios relevantes àquela situação específica: poderia ser o custo ou os desejos do cliente ou outro parâmetro qualquer.

Entretanto, esse método sistemático, cuja particularidade era a racionalização da atividade pela aplicação destas técnicas, não garantia a excelência do projeto, como vieram a reconhecer os arquitetos envolvidos nas pesquisas. Na maioria das vezes a técnica tornava-se um fim em si mesma, adquirindo mais importância que o resultado em obra. Acontecia também uma transposição para o projeto das características formais do sistema de codificação utilizado (gráficos, diagramas, etc.). Sem dúvida eram importantes para a eficácia do trabalho e o controle consciente do processo, mas precisavam ser complementadas com alguma coisa tão imponderável quanto a capacidade criativa. Ao traçar um panorama sobre o resultado do colóquio de Portsmouth de 1967, BONTA observou que:

“um processo original pode conduzir à uma solução convencional, sobretudo quando é abertamente reclamada. Inversamente um processo convencional pode conduzir muito bem a um projeto original” (BONTA, 1973, p. 55).

LOGAN (1987) identificou as quatro principais gerações de teorias sobre projeto de arquitetura, que se destacaram neste período (LOGAN, 1987, apud MUSTOE, 1990, p. 02):

A Primeira Geração, chamada “A Metodologia Sistemática”, procurava um modelo sistemático do processo de projeção. A busca era dirigida para a descoberta de um método de trabalho que pudesse ser usado por projetistas, e que permitisse que eles melhorassem seus resultados. Thomas Markus (1969) e Thomas Maver (1970) promoveram o

desenvolvimento do modelo de 1962, de Asimow, de avaliação análise-síntese; Christopher Alexander (1964) prescreveu um severo remédio cartesiano; John Page (1964) promoveu as virtudes e limitações do uso de modelos tridimensionais físicos no projeto, enquanto Bruce Archer (1969) propôs um modelo conceitual destinado a ser compatível com as disciplinas próximas das ciências gerenciais e da pesquisa operacional. É notável que a teoria dos gráficos desempenhou um papel proeminente no pensamento destes investigadores, em particular Maver e Alexander (LOGAN, 1987, apud MUSTOE, 1990, p. 02).

Mas uma importante descrição das dificuldades enfrentadas foi apresentada no estudo de projeto do arquiteto Horst Rittel, em 1967. Ele caracterizou os problemas de projeto e o processo de projeção como “wicked problems”, ou problemas “não estruturados”, indefinidos por natureza, em contraste com os problemas relativamente “simples” (mansos, domados, obedientes) de solução matemática, xadrez, ou de quebra-cabeça. As onze propriedades que caracterizam os problemas “não estruturados”, como a projeção arquitetônica, foram listadas pelo arquiteto Horst Rittel, em 1972, tornando-se uma importante referência descritiva:

*“(1) problemas “não estruturados” não tem uma formulação definida; (2) toda formulação do problema “não estruturado” corresponde a formulação da solução e vice versa; (3) problemas “não estruturados” não tem regras para parar; (4) as soluções dos problemas “não estruturados” não são certas ou erradas; (5) na solução dos problemas “não estruturados” há uma lista interminável de operações possíveis; (6) para cada problema “não estruturado” há sempre mais de uma explanação; (7) cada problema “não estruturado” é um sintoma de outro problema maior; (8) nenhum problema “não estruturado” e nenhuma solução para ele tem um teste definitivo; (9) cada problema “não estruturado” é uma operação única; (10) cada problema “não estruturado” é único; (11) a solução do problema “não estruturado” não é certo ou errado” (RITTEL, 1972 apud MUSTOE, 1990, p. 03-05).*

BUCHANAN (1995) afirma que os problemas podem ser qualificados como “não estruturado”, em resumo, quando sua formulação não está clara, quando as informações coletadas são confusas ou imprecisas e há uma diversidade de parceiros, clientes e públicos em conflito (BUCHANAN, 1995, p. 15).

Geralmente, a solução de problemas “não estruturados” extrapola a esfera de competência de um único campo de conhecimento. O tratamento de tais problemas requer a união de vários especialistas. É neste nicho que o projeto (design), como tecnologia que é, pode melhor aproveitar sua vocação interdisciplinar (BUCHANAN, 1995, p. 15).

No início dos anos 70, houve um movimento de rejeição às metodologias de projeção, a partir de vários dos próprios pioneiros da década anterior, principalmente na Europa, onde alguns afirmavam que não havia necessidade de método para a projeção. Havia, também, posicionamentos contrários à linguagem e aos procedimentos que decorriam destas metodologias. CROSS (1994) explica estes posicionamentos a partir do contexto em que ocorriam, como o clima sociocultural dos anos 60 (revoluções nos campus universitários, novo humanismo liberal e a rejeição dos valores vigentes) (CROSS, 1994 apud , OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

Em contraposição aos que rejeitavam as metodologias, RITTEL (1973) apresentou a “brilhante proposta das gerações de métodos”, em que defendia que as Metodologias de Projeção dos anos 60 (primeira geração), baseadas na aplicação de método científico, sistemático e racional, mostravam-se inadequadas, mas abriam perspectivas para as futuras gerações e a segunda estaria começando no início da década de 70 (RITTEL, 1973 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

A Segunda Geração de estudos de projeto, chamada “A Participação em Projeto”, tentou tratar a dificuldade do problema “não estruturado” propondo descrever o projeto como um diálogo em vez de como um modelo.

A segunda geração mostrava alternativas à tentativa de otimização e à autoridade do projetista, propondo que a projeção fosse entendida como uma “satisfação de necessidades”, noção esta introduzida por SIMON (1969) que, inclusive, a coloca como um processo participativo em que o projetista faz parceria com os “donos do problema a resolver” (consumidor, cliente, usuário, etc.) (SIMON, 1969 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

Talvez nenhum modelo preciso de projeto pudesse ser encontrado, mas a utilidade e relevância do trabalho de projeto poderiam ser melhorado se o nível do discurso de projeto pudesse ser destacado, melhorando a comunicação com o cliente.

Os métodos de projeto da segunda geração comprovaram não ser mais prósperos do que os seus antecessores porque, embora a complexidade do projeto fosse até certo ponto reconhecida, os próprios métodos não deram nenhuma orientação ao designer.

Nesta segunda geração, aparece, também, a divergência entre “projeção na Arquitetura” e “projeção na Engenharia”, principalmente entre os modelos de processos de projeção. CROSS (1984) apontava que estas divergências prejudicavam a ambos e propugnava que talvez a terceira geração (anos 90), pudesse realizar a convergência destes modelos (CROSS, 1984 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

Segundo OLIVEIRA (2001), foi, ainda na década de 80 que surgiram diversos periódicos de pesquisa, teoria e metodologia de projeção: Design Studies (1979), Design Issues (1984), Research in Engineering Design (1989), Journal of Engineering Design (1989), Journal of Design Management (1990) (OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

A Terceira Geração, chamada “A Natureza da Atividade de Projeto” caracterizou-se por uma aproximação empírica à atividade de projeto, em vez de uma aproximação conceitual ou discursiva. A intenção era levar a prática de projeto mais perto do modelo do método científico, e foi influenciada pela leitura do trabalho de Karl Popper (princípio da falsificação) (MUSTOE, 1990, p. 07).

A Quarta Geração, chamada “A Falha do Método”, é completamente diferente das três primeiras, e representa a desilusão pela falha do método científico em funcionar como uma analogia adequada para o projeto. As noções de projeto, da terceira geração, não provaram ser úteis para os arquitetos ou para outros projetistas. Realmente, a falta de entendimento sobre a interpretação correta do termo “método científico” levou alguns críticos a duvidar se a clareza melhorada pelos estudos de projeto pode ser alcançada (MUSTOE, 1990, p. 09).

### **2.2.3. A projeção e a ciência**

Desde o início da elaboração das metodologias de projeção pelos meios acadêmicos, foi estabelecida a discussão sobre as relações destas metodologias e da projeção com a ciência.

Apresentando fundamentos que podem ser usados nesta discussão, SIMON afirma que, historicamente, tem sido tarefa das disciplinas de ciência, ensinar acerca das coisas naturais e, como uma questão de lógica, as ciências naturais estão relacionadas com o “como as coisas são” ou “existentes”; por outro lado, as ciências do artificial, como a projeção, estão relacionadas com o “como as coisas podem vir a ser” ou “ainda não existente” (SIMON, 1969 apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

CROSS faz, em seu artigo, uma discussão sobre as relações entre ciência e projeto arquitetônico. Para isto apresenta diversos autores que tratam destas diferenças (CROSS, 1994, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.):

“Cientistas tentam identificar os componentes de uma estrutura existente, projetistas tentam modelar os componentes de uma nova estrutura” (ALEXANDER, 1964, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.)

“O método científico é um modelo de procedimento de resolução de problemas empregado para encontrar a natureza do que existe, enquanto o método de projeção é um modelo de procedimento



empregado na invenção de coisas que ainda não existem. Ciência é analítica e projeção é construtiva” (GREGORY, 1966, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

“o ato da projeção em si não é e não será uma atividade científica, por tratar-se de uma atividade não científica ou a-científica. O estudo da projeção pode ser uma atividade científica, quando a atividade da projeção for tema de uma investigação científica” (GRANT, 1979, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

Ainda para CROSS, a metodologia de projeção inclui o estudo de como os projetistas trabalham e pensam. Isto envolve o estabelecimento de estruturas apropriadas, o desenvolvimento e aplicação de novos métodos, técnicas e procedimentos e a reflexão sobre a natureza e extensão do conhecimento e a sua aplicação nos problemas de projeto. “A ciência da projeção estaria, então, se referindo ao corpo de trabalho na tentativa de melhorar o entendimento da projeção através do método (sistemático, confiável) científico de investigação” (CROSS, 1984, apud OLIVEIRA, 2001, s.pg.).

#### **2.2.4. Pensamento atual**

Diante dos pensamentos anteriores, OLIVEIRA (2002), como também BROADBENT (1976), concluíram que, se atualmente não se pode prescindir da racionalidade analítica das técnicas, também não é possível uma objetividade plena, pois existem as variáveis humanas que influem enormemente no processo de projeto. Partindo disso, BROADBENT propôs o que chamou de:

*“processo de projeto ambiental que se alicerçava nos três sistemas básicos do projeto arquitetônico e suas inter-relações: o sistema humano, o ambiental e o do edifício. Estes apontavam para parâmetros que indicavam que demandas, necessidades e*

*requerimentos deveremos ter em conta na hora de projetar o edifício” (BROADBENT, 1976, p. 367).*

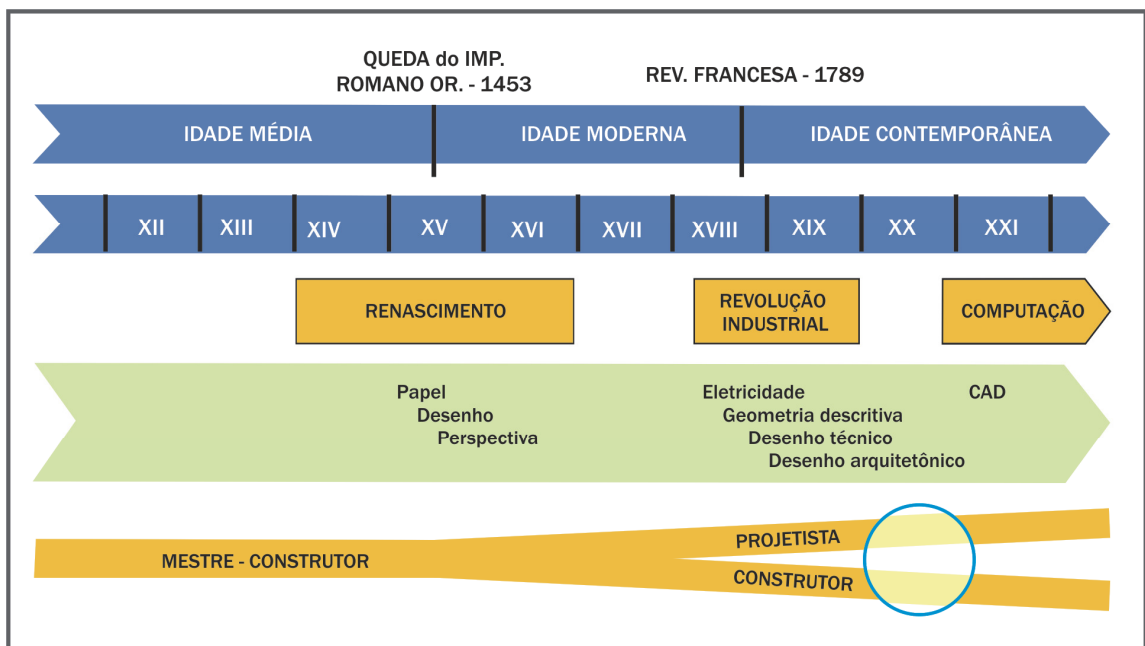
No sistema humano eram as motivações do cliente e seus requerimentos que davam origem ao programa de atividades com as respectivas necessidades físicas, ambientais e comunicacionais (sociais). BROADBENT (1976) classificava e ordenava as atividades segundo sua importância e utilizava-se de diagramas para estabelecer suas conexões e representar sua seqüência espaço-funcional (BROADBENT, 1976, p. 367).

O sistema ambiental abrangia todas as características do entorno exterior: O terreno e suas características físicas, as condições climáticas e geográficas do lugar, o tipo de vizinhança e de fluxo de pessoas e veículos, a paisagem, as normas urbanísticas e o custo. A envolvente permitida para o edifício era o resultado da representação destes dados em uma matriz ambiental. Esta poderia ser uma maquete, um desenho em perspectiva, ou qualquer outro modelo, não importava se mais realista ou mais abstrato, que traduzisse aquelas relações com algum grau de clareza.

### **2.3. Evolução dos meios de representação**

Na progressão das etapas da projeção é necessário que haja um suporte técnico para o pensamento/criatividade do projetista, a fim de que possa registrar a evolução do desenvolvimento de sua idéia e comunicar-se com a mesma. O suporte, historicamente usado nesse contexto, tem sido a representação gráfica, que permite ao indivíduo a comunicação com sua imaginação e também com todos os outros indivíduos envolvidos na projeção. São comuns referências ao "diálogo" que se estabelece entre o projetista e sua idéia através do desenho. Segundo OSTROWER, no processo projetual arquitetônico "pensa-se desenhando" (OSTROWER, 1977, p. 32).

No diagrama a seguir buscou-se representar a evolução histórica das tecnologias utilizadas na projeção arquitetônica.



**Figura 2-1** - Diagrama da evolução histórica das tecnologias utilizadas na projeção arquitetônica.

**Fonte:** Elaborada a partir de informações pesquisadas.

O desenvolvimento de novas técnicas de representação teve sempre por objetivo possibilitar a comunicação da intenção, de maneira mais fiel e clara possível, atendendo, por conseguinte, às exigências de viabilidade construtiva do objeto.

O desenho tem sido o principal meio de comunicação de projetos arquitetônicos desde o Renascimento, quando o emprego de uma determinada técnica de representação a serviço da intenção (da idéia) configurou-se em uma prática que foi sedimentada à medida que se estruturavam novas relações produtivas, que, por sua vez, separavam os que pensavam (projetistas) dos que executavam (construtores). Nesta época ainda não havia conhecimentos sistematizados de geometria descritiva, o que tornava o processo mais livre e sem nenhuma normatização (REGO, 2001, s.pg).

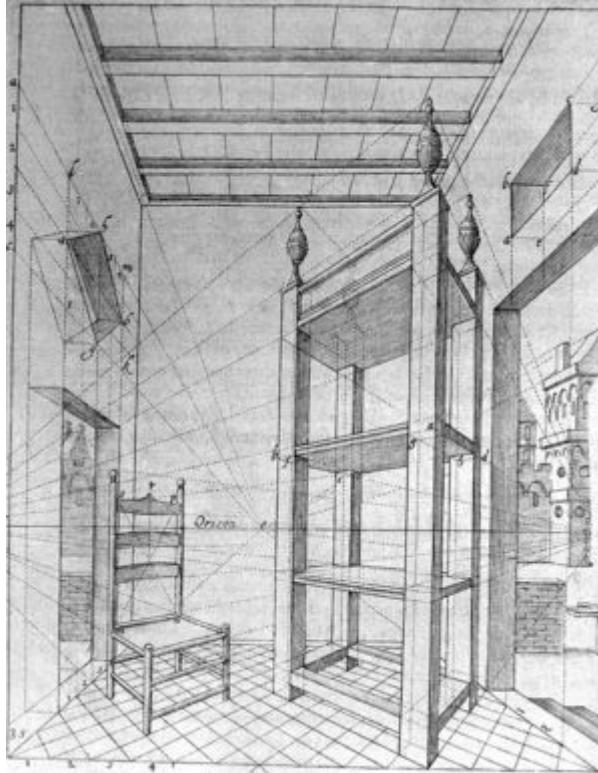
“No Renascimento o desenho ganha cidadania, e se de um lado é risco, traçado, mediação para expressão de um plano a realizar e linguagem de uma técnica construtiva, de outro lado é desígnio, intenção, propósito, projeto humano no sentido de proposta de

espírito, um espírito que cria objetos novos e os introduz na vida real.” (ARTIGAS, 1981, s.pg.).

No Renascimento, as novas possibilidades acenadas pelos novos métodos construtivos desafiavam os sistemas de representação existentes. Era necessário criar uma nova forma de representar o mundo, uma vez que o mundo mudara: agora o homem e não mais o Deus onipresente, era o centro de todas as coisas. Era a forma que ele via o mundo que importava: os eu ponto de vista. O arquiteto passara a ser aquele que projetava e que devia traduzir a sua criação em um código comum ao construtor. Imbuído destas inquietações Brunelleschi estabeleceu os parâmetros para a criação de um novo método de representação: a perspectiva. Para que a cúpula da Igreja de Santa Maria Del Fiori fosse construída foi necessário criar uma maneira de representar, graficamente, a sua estrutura tridimensional uma vez que as formas de representação eram insuficientes.

Segundo SAMPAIO (2000), o desenho artístico assume um novo papel com o surgimento do desenho projetivo. O Desenho passou a ser linguagem da técnica e da arte. Os dois conteúdos tornam-se entrelaçados (SAMPAIO, 2000, s.pg.).

Assim, as conquistas do século XV, especialmente a perspectiva (figura 2-2), proporcionaram uma primeira mudança significativa para o processo projetual arquitetônico. Os arquitetos passaram a dispor de uma técnica de representação gráfica capaz de apresentar o objeto arquitetônico de uma maneira muito próxima do que seria quando construído, visto que a perspectiva simula a visão humana para a percepção da tridimensionalidade do espaço, no campo bidimensional do papel. Esse instrumento incorporado à prática profissional passou a mediar às relações dialógicas do arquiteto com a idéia de projeto, como também se constituiu no meio de comunicação entre projetista e construtores (REGO, 2001, s.pg).



**Figura 2-2** - Construção geométrica de uma perspectiva. Gravura de Henricus Hondius.

**Fonte:** Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Perspectiva\\_\(gr%C3%A1fica\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Perspectiva_(gr%C3%A1fica))>. Acesso em 10/12/2007.

A segunda mais importante sistematização da representação gráfica para a atividade projetual verificou-se com Gaspar MONGE (1789), que desenvolveu um método de representação de objetos tridimensionais no espaço bidimensional do papel, permitindo a análise das propriedades topológicas, geométricas e dimensionais do objeto, a partir de um conjunto determinado de artifícios gráficos. Os sistemas desenvolvidos até então careciam de precisão (elemento essencial ao processo construtivo), principalmente por não solucionar a questão das distorções sofridas pelo objeto quando de sua representação por meio de perspectivas ou por desenhos planificados, uma vez que essas representações não guardavam as relações topológicas e dimensionais do mesmo. A geometria descritiva passou a resolver esses problemas e constitui-se em contribuição essencial ao mundo industrial emergente.

Na Revolução Industrial a máquina operava transformações profundas na estrutura social e na forma de perceber e representar o mundo. A perspectiva renascentista não era mais suficiente para representar a máquina em todos os seus detalhes construtivos. Os projetos das máquinas passaram a necessitar de maior rigor e os diversos projetistas necessitaram de um meio comum para se comunicar. Visando atender a esta demanda, a partir do século XIX, foram instituídas as primeiras normas técnicas de representação gráfica de projetos.

A forma normatizada de desenho, o desenho técnico foi constituído pela geometria descritiva, que foi utilizada como base para a atividade projetual nas disciplinas de Arquitetura e Engenharia.

O desenho arquitetônico foi utilizado como uma especialização do Desenho Técnico normatizado, voltada para a representação e execução de projetos de Arquitetura. O desenho de arquitetura, portanto, manifestou-se como um código para uma linguagem, estabelecida entre o emissor (o desenhista ou projetista; figura 2-3) e o receptor (o leitor do projeto).

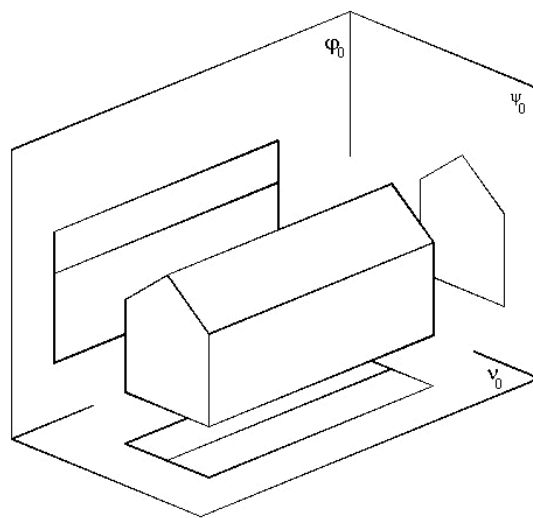


**Figura 2-3** - Arquiteto projetando.

**Fonte:** Disponível em: < <http://images.google.com.br>>. Acesso em 10/12/2007.

O desenho arquitetônico, estruturado através dos conceitos da geometria descritiva, caracteriza-se pela representação segmentada do edifício

através das vistas ortogonais (plantas, cortes, elevações) (figura 2-4), que, se por um lado, registra fidedignamente as dimensões e topologia dos elementos constituintes do objeto, por outro dificulta a percepção e compreensão da volumetria do mesmo. Como elemento de apoio para superação dessa dificuldade, nas fases iniciais da projeção (esboço preliminar e anteprojeção), é comum recorrer-se à simulação da tridimensionalidade do edifício por meio de perspectivas, que, depois da sedimentação do método mongeano, passou a ser um recurso mais usado nessas fases ou para apresentação final do projeto ao cliente.



**Figura 2-4** - Esquema de construção de vistas ortogonais.

**Fonte:** <http://www.versus.pt/forma-espaco-ordem/imagens2/319.GIF>

As tecnologias da computação, largamente desenvolvidas nas últimas décadas, podem ser consideradas como a terceira sistematização da representação gráfica com grande influência no processo projetual arquitetônico. As mais importantes dessas tecnologias para a projeção arquitetônica têm sido as ferramentas CAD - Computer Aided Design (Projeto Auxiliado pelo Computador) que, mesmo incorporando conceitos das sistematizações anteriores da perspectiva e da geometria descritiva, apresentam conceitos próprios e caracterizam-se por uma maneira completamente diferente de interação entre o indivíduo e o instrumento.

## **2.4. Caracterização do processo tradicional**

Diante do exposto, é possível caracterizar o atual processo tradicional de projeção arquitetônica através da identificação das suas principais características.

### **2.4.1. Sistemas computacionais**

Uma das principais características do processo tradicional de projeção arquitetônica é a utilização de sistemas computacionais.

Como veremos no próximo capítulo, principalmente a partir da década de 80, os sistemas computacionais de auxílio ao projeto, com as tecnologias CAD, foram incorporados à projeção arquitetônica.

Outro aspecto importante em relação ao uso de sistemas computacionais no processo tradicional de projeção arquitetônica é a predominância do uso de softwares genéricos (AutoCAD, MicroStation), isto é, softwares que não estão orientados a nenhuma área específica e podem ser amplamente utilizados em várias áreas do “design” - automobilístico, aeroespacial, arquitetura, urbanismo, mobiliário, moda, indústria, etc.

### **2.4.2. Representações bidimensionais**

A análise histórica da evolução dos meios de representação, apresentada acima, permite o entendimento melhor da importância das representações bidimensionais no atual método de projeção arquitetônica.

A codificação do pensamento projetual por meio dos instrumentos gráficos tradicionais resulta em uma série de desenhos seguindo uma seqüência de construções geométricas, padronizados e acompanhados de convenções (normas técnicas). Os resultados deste trabalho são imagens estáticas: vistas, cortes, detalhes e perspectivas para representar um único objeto. Este processo apresenta como principal dificuldade, a compreensão



principalmente pelo cliente do conjunto da obra a ser construída. TSCHUMI (1994) evidencia a “incapacidade inerente às plantas, cortes, fachadas e perspectivas de trazerem ao projeto noções como barulho, luz ou outros acontecimentos espaciais”. Para ele, esta forma de representação “exclui a idéia de tempo do projeto” (TSCHUMI, 1994 apud CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 09).

Segundo CARVALHO e ALMEIDA:

*“a suposição de que existe uma correlação direta entre plantas, cortes e fachadas e a obra edificada é tão intrínseca à nossa visão do modo como os arquitetos trabalham que é dificilmente questionada. Parece que não existe opção para os arquitetos fora da prescritividade dos desenhos bidimensionais.”* (CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 04)

Assim, desde o século XIX, o método tradicional de projeção arquitetônica vem se baseando na representação segmentada do edifício, através de vistas bidimensionais ortogonais, como plantas baixas, cortes, elevações, etc. Esse tipo de representação era utilizado até a inserção dos recursos tridimensionais computacionais desde a segunda metade da década de 80, ao longo de todo o processo de projeção: desde a concepção; no desenvolvimento; na inter-relação com os projetos complementares; na apresentação e discussão com os clientes; no atendimento às exigências legais para a aprovação dos projetos nos órgãos públicos; e na execução da obra.

Nesse processo tradicional as vistas ortogonais são apenas representações “independentes” (sem ligação digital) entre si, exigindo que as compatibilizações, conferências e alterações no projeto arquitetônico dependam exclusivamente do trabalho dos projetistas, com grande possibilidade de erros.

Os produtos tridimensionais (maquetes físicas ou modelos digitais) muitas vezes utilizados para complementar a apresentação dos projetos

arquitetônicos para os clientes, também são representações adicionais “independentes” (sem ligação digital).

### **2.4.3. Etapas seqüenciadas**

O modelo tradicional de projeção caracteriza-se pela linearidade do processo, que basicamente divide o projeto arquitetônico em quatro fases distintas: definição do programa de necessidades, estudos preliminares, anteprojeto, e projeto executivo (BORGES e NAVEIRO, 2001 apud CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 09). Cada uma destas fases contém a apresentação de escalas, linguagem gráfica e aprofundamento de decisões distintas. No entanto, em relação ao embasamento teórico da projeção, são geralmente apontadas três fases distintas dentro do processo projetual: “análise, síntese e adaptação (...) estas três fases são intimamente ligadas e o desenrolar do processo não tem nada de linear” (GOULETTE, 1997, p. 254).

Segundo MEDEIROS, o processo de projeto tradicional prevê uma seqüência na qual uma etapa só começa após o término da outra. As etapas são pensadas isoladamente, sem relacionamento uma com as outras, e por conseqüência, abertas a erros (MEDEIROS, 2006, s.pg).

### **2.4.4. Fragmentação do processo produtivo**

Na indústria da construção de edifícios, o processo produtivo é bastante fragmentado envolvendo a participação de diversos e heterogêneos agentes. Segundo MELHADO et. al.:

*“Essa fragmentação vai se refletir nas equipes de projeto que também são compostas por diferentes especialistas (projetistas de arquitetura, estruturas, sistemas prediais, etc.) pertencentes, na maioria dos casos, à diferentes escritórios” (MELHADO et. al., 1999, p. 02).*

O desenvolvimento do projeto se dá a partir da sucessão de diferentes etapas de projeto em níveis de detalhamento crescente de forma que a liberdade de decisões entre as alternativas é crescentemente substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas, ao mesmo tempo em que os arquitetos progredem na concepção arquitetônica para o detalhamento dos projetos de especialidades.

Assim, segundo o modelo de projeção tradicional, é comum que uma etapa de projeto de determinada especialidade dependa, para ser iniciada, do término de uma etapa de diferente especialidade, cujo grau de aprofundamento e maturação das decisões é equivalente ao da etapa (da outra especialidade) que será iniciada. Por exemplo, o início do anteprojeto de estruturas e fundações tem como pré-requisito o anteprojeto de arquitetura terminado ou quase terminado.

Esse encadeamento é, conforme observa MELHADO (1997), respaldado também pelas normas técnicas em vigor, bem como pelos textos institucionais que tratam do assunto e que consideram que o projeto de arquitetura deve conter todas as indicações a serem seguidas pelos projetos de estruturas e instalações (MELHADO, 1997, p. 02).

Segundo MELHADO et. al. (1999), percebe-se assim, que tradicionalmente a fase de concepção do edifício tem ocorrido de forma separada do desenvolvimento do projeto. Isto significa que a atuação do arquiteto ocorre previamente e com reduzida interação. Nesta fase os arquitetos, segundo esta abordagem, fazem consultas telefônicas à consultores amigos que podem ou não participar do projeto em questão. Muitas vezes, somente após a etapa de lançamento, é feita a contratação dos demais projetistas que irão participar do desenvolvimento do projeto (MELHADO et. al., 1999, s.pg.).

Neste processo fragmentado e seqüencial tradicional, a possibilidade de colaboração entre projetistas é bastante reduzida e problemática, uma vez que a proposição de modificações por um projetista de

determinada especialidade implica na revisão de projetos mais amadurecidos de outras especialidades significando enorme trabalho de refazer à mão inúmeras pranchas ou até mesmo o abandono de projeto inteiros.

Com isso, predomina a visão Cartesiana de que o todo é a soma das partes na configuração do processo de projeção tradicional, no qual se busca otimizar o todo a partir da otimização, em separado, das partes – o que não é a verdade na arquitetura. Neste sentido a revisão crítica de Christopher ALEXANDER (1964) explica estas desvantagens constantes da abordagem tradicional de projeção.

Outra questão importante, é que a participação dos clientes: construtoras e usuários, na elaboração dos projetos é, na maioria dos casos, bastante limitada. Observa-se que, durante o desenvolvimento tradicional do projeto, praticamente não existe espaço e mecanismos para intervenção da construtora e do usuário; embora, a influência do incorporador seja significativa.

Como destaca KOSKELA et. al. (1997), os esforços de projeto são complexos, com numerosas interdependências, com decisões sendo impostas por clientes e legislações e, sendo tomadas, muitas vezes, com limitações de tempo. Neste contexto, a postura mais fácil (para as construtoras) é deixar os projetos como um processo à parte - entre os projetistas a quem são delegadas as responsabilidades sobre os projetos (KOSKELA et al., 1997 apud MELHADO et al , 1999, p. 03).

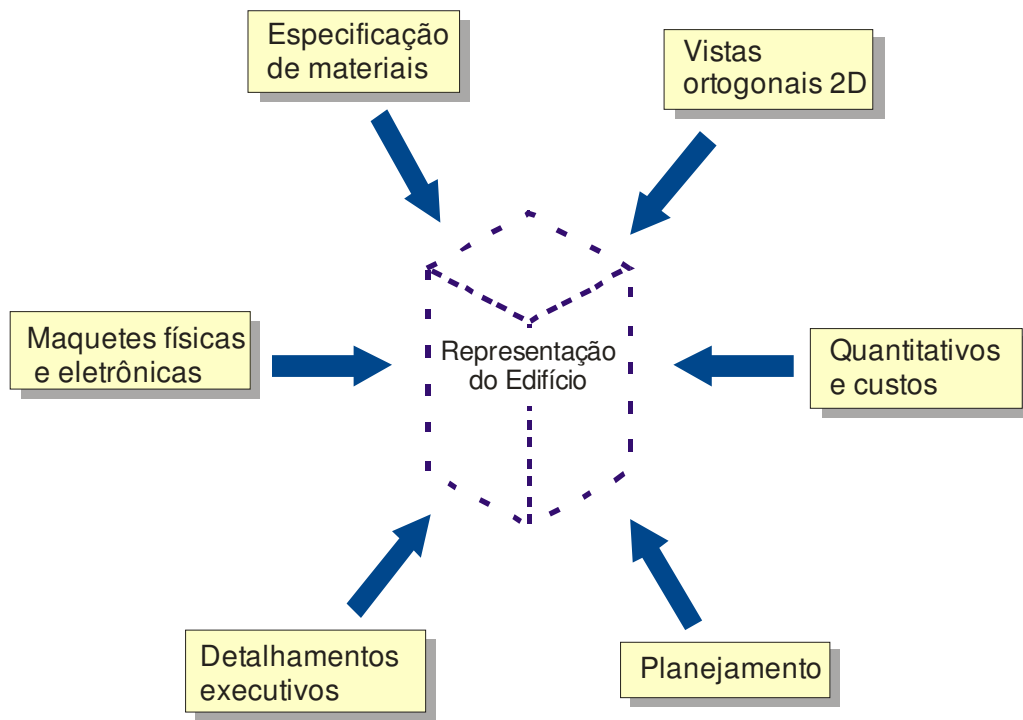
Com isso, os projetos são orientados para a definição do produto sem considerar adequadamente a forma e as implicações quanto à produção das soluções adotadas. Mesmo assim, é comum que as especificações e detalhamentos de produto sejam incompletas, falhas e incompatíveis, o que exige que sejam modificadas ou resolvidas durante a obra, quando a equipe de produção decide amadoristicamente sobre características e especificações do edifício não previstas em projeto.

MELHADO et. al. destacam que “essa desarticulação parece estar na raiz de muitos dos problemas no processo de projetos e por conseguinte nos problemas das obras e dos edifícios que são derivados dos mesmos” (MELHADO et. al., 1999, p. 04).

#### **2.4.5. Informações não-gráficas**

Nos sistemas CAD a representação da geometria bidimensional (2D) é feita por meio dos elementos gráficos como linhas, arcos, símbolos, etc. Neste contexto as paredes, por exemplo, são representadas meramente por linhas paralelas. Mas o conjunto de informações necessárias à execução de uma construção arquitetônica não se limita (na maioria dos casos) apenas às informações gráficas (desenhos), como associado por muitos leigos. Muito além disso, os projetos executivos são constituídos de informação gráficas (projetos) e não-gráficas (especificações técnicas de materiais e serviços, quantitativos de materiais, métodos executivos, etc.), que se complementam para subsidiar a execução da edificação.

No método tradicional de projeção as informações não-gráficas complementares do projeto são apresentadas em documentos separados, conforme figura 2-5 (cadernos de especificações técnicas, cadernos de encargos, planilha de quantitativos, planilhas orçamentárias, etc.), que não têm qualquer “link” (ligação digital) com as informações gráficas do projeto, e por conseqüência, também estão sujeitas a erros. Nesse método a independência das informações exige que as conferências e alterações de todas as informações dependam exclusivamente da iniciativa dos projetistas.



**Figura 2-5** - Esquema de representação completa do edifício no método tradicional de projeção arquitetônica.

**Fonte:** Elaborado a partir das informações pesquisadas.

## 3. SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE AUXÍLIO AO PROJETO

### 3.1. O potencial da computação

Kelly observa que:

*“em última instância, a tecnologia amplia as nossas possibilidades de escolha em geral, uma tecnologia apresenta aos seres humanos outra maneira de pensar sobre algo. Cada invenção permite outra forma de ver a vida. Cada ferramenta, material ou mídia adicional que inventamos oferece à humanidade uma nova maneira de expressar nossos sentimentos e outra forma de testar a verdade. O trabalho da coletividade é substituir tecnologias que limitam nosso poder de escolha por aquelas que o ampliam”* (KELLY, 2007, p. 46).

As grandes transformações que a tecnologia computacional produziu nos últimos anos, demonstram que ela se tornou muito mais que uma simples ferramenta com alta capacidade de cálculo e memória, mas um poderoso instrumento de mudança de paradigmas tradicionais e transformação metodológica da maioria das áreas do conhecimento humano, particularmente em Arquitetura.

A história muito recente também demonstra que as grandes transformações ligadas à computação ocorreram com uma rapidez incomparável ao tempo de conclusão das outras revoluções tecnológicas ocorridas.

Toda esta força da computação surpreende ainda mais quando Bill GATES afirma que “o extraordinário progresso das últimas décadas serviu apenas para estabelecer as bases para as transformações ainda mais profundas que estão por vir” (GATES, 2007, p. 68).

Assim, é inegável que o potencial da tecnologia computacional transformou a área da projeção arquitetônica, como é conhecido que este processo de transformação ainda não está concluído.

Segundo REGO (2001), embora ainda sejam muitas as limitações das tecnologias computacionais do ponto de vista da concepção projetual e também quanto a uma interface mais amigável e aproximada do gestual utilizado culturalmente pelos arquitetos (o uso do lápis, por exemplo), acreditamos que se podem verificar algumas modificações na maneira como o projetista se relaciona com sua idéia e com os demais indivíduos envolvidos no processo a partir do emprego desse instrumental (REGO, 2001, s.pg.).

REGO (2001) observa que a investigação das modificações gerenciais e organizacionais, quando da informatização da projeção em arquitetura, tem sido objeto de inúmeras abordagens, visto que aquelas são logo evidenciadas e interferem diretamente na produção da empresa. Entretanto, as investigações, no âmbito do processo projetual, onde a mediação tecnológica tem o potencial de configurar os processos criativos e cognitivos do sujeito-projetista na sua relação com o objeto-arquitetônico, fazem-se mister tanto como contribuição para a evolução das tecnologias computacionais aplicadas à projeção arquitetônica, quanto como forma de se repensar as práticas profissional e pedagógica (REGO, 2001, s.pg.).

### **3.2. Sistemas CAD**

“Computer-Aided Design” - CAD, ou Projeto Auxiliado por Computador, é o nome genérico de sistemas computacionais (softwares) utilizados pela engenharia, arquitetura, “design” e muitas outras disciplinas, para facilitar o projeto e desenhos técnicos. No caso do “design”, este pode estar ligado especificamente a todas as suas vertentes (produtos como vestuário, eletroeletrônicos, automobilísticos, etc.), de modo que os jargões de cada especialidade são incorporados na interface de cada programa.



O surgimento e a disseminação das tecnologias CAD, principalmente a partir da década de 80, trouxeram ganhos consideráveis em velocidade e qualidade de desenho, mas ao adotá-lo na projeção arquitetônica, os arquitetos repetiram (mimetismo) inicialmente os mesmos processos manuais de desenho convencional, utilizando o CAD como apenas uma “prancheta eletrônica”, porque isto era tudo que os sistemas CAD, da época, podiam oferecer. Os instrumentos tradicionais de trabalho foram modificados, mas não abalaram os princípios básicos de representação do desenho arquitetônico e nem os métodos de projeção. Neste período os desenhistas foram substituídos pelos “cadistas”, as pranchetas de trabalho pelas telas do computador, o lápis pelos “mouses”, e as canetas nanquim pelas impressoras tipo “ploter”; mas o pensamento lógico e os paradigmas não foram quebrados.

Segundo HOWELL e BATCHELER: “a premissa original de um sistema CAD era automatizar a tarefa de desenhar”. Assim como o foco original das aplicações CAD era representar a geometria bidimensional (2D) através dos elementos gráficos como linhas, arcos, símbolos, etc. Neste contexto as paredes, por exemplo, são representadas meramente por linhas paralelas. Para estabelecer algum significado entre estes elementos gráficos, foi introduzido o conceito de “layer” (camada) para agrupar elementos relacionados, tais como as linhas usadas para representar paredes em uma camada específica. Utilizando CAD bidimensional não é possível representar informações mais complexas de relacionamento entre elementos. O emergente sistema tridimensional (3D) CAD inicialmente focalizou quase inteiramente em criar uma geometria de suporte para visualização e os avanços subseqüentes concentraram-se em criar apresentação realística e efeitos de iluminação. (HOWELL e BATCHELER, 2005, s.pg.)

O principal software CAD para pequenas indústrias, arquitetos e treinamento é o AutoCAD, criado e comercializado pela empresa Autodesk, desde 1982. A partir da versão Release 14 (1997) expande a sua funcionalidade por meio do ambiente Windows e da adição de módulos

específicos para desenho arquitetônico, GIS – Geografic Information System, controle de materiais, etc.

Segundo OLIVEIRA, entre os diversos benefícios dos sistemas CAD bidimensionais no gerenciamento e projeto, podem ser citados (OLIVEIRA, 1993 apud LUCCA, 1999, p. 05):

- a) Qualidade dos serviços, credibilidade dos resultados e efeitos de marketing;
- b) Rapidez no acesso a informação sobre o desenvolvimento das atividades dos projetos;
- c) Otimização de produção de documentos;
- d) Facilidade de montagem de várias soluções alternativas;
- e) Diminuição de tempo de diversas tarefas projetuais;
- f) Rapidez e facilidade de revisões e correções;
- g) Normatização e padronização dos desenhos;
- h) Sistemas de arquivamento, multiplicação de impressões originais;

### **3.3. Modelagem computacional**

No início dos anos 70, as indústrias manufatureira e aeroespacial começaram a usar os sistemas tridimensionais CAD baseados na modelagem de superfícies. Estas indústrias reconheceram que a representação precisa de uma geometria de peça poderia levar à análise automática do comportamento (estrutural, térmico, acústico, etc.) dela e auxiliar sua fabricação. Entretanto, definir a forma tridimensional de uma peça mecânica era muito complicado, entediante e muito propenso a erros. Assim, na metade dos anos 70 foram

desenvolvidos os Sistemas de Modelagem de Sólidos, que permitiram que muitos objetivos do 3D CAD fossem concretizados como:

- a) a representação exata de formas tridimensionais;
- b) derivação automática de algumas dimensões das formas, incluindo o volume e as áreas de superfícies;
- c) corte de seções, incluindo a derivação de propriedades das seções;
- d) geração automática de desenhos de peças ou conjuntos, com dimensionamento automático.

Os primeiros sistemas CAD de modelagem de sólidos somente foram introduzidos no mercado AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) nos anos 80 (RUCAPS, Calma, TriCad, PDMS), mas eram altamente complexos, requeriam formas de projetar completamente diferentes, não eram confiáveis, requeriam hardwares caros e possuíam inúmeros problemas em relação à metodologia tradicional de projeção.

### **3.3.1. Modelos computacionais**

Nos modelos computacionais os objetos são combinados para dar forma a um modelo completo de um edifício, contendo informação muito mais rica do que os modelos bidimensionais do computador usados para o estudo e a apresentação de projeto.

Segundo COHEN, os modelos computacionais dividem-se conforme seu sistema de construção (COHEN, 2004, s.pg):

- a) Modelos Geométricos incluem formas, linhas e pontos, e componentes tridimensionais tais como blocos, cones e esferas, mas não carregam a inteligência sobre outras propriedades destes objetos.

- b) Modelos Paramétricos permitem o relacionamento entre elementos que podem ser identificados visualmente. Quando uma variável é mudada, seu efeito é visto nos elementos relacionados. Originalmente desenvolvido para as indústrias aeroespaciais e automotiva para projetar formas curvas complexas, a modelagem paramétrica trabalha como um planilha eletrônica numérica. Armazenando as informações relativas aos relacionamentos entre os vários elementos do projeto e tratando estes relacionamentos como equações matemáticas, ela permite que qualquer elemento do modelo seja alterado e regenera automaticamente o modelo da mesma maneira que uma planilha eletrônica recalcula automaticamente quaisquer mudanças numéricas. Por exemplo, as plantas, seções, elevações, revestimento e programações são gerados como vistas do modelo e atualizados automaticamente com cada mudança.
- c) Modelos Processuais adicionam a habilidade para, por exemplo, impedir que os elementos incompatíveis estejam colocados juntos a si, ou que as portas estejam balançando em um sentido ilegal.
- d) Modelos Generativos criam as geometrias que cumprem as exigências incorporadas pelo usuário, como: "gere a disposição otimizada de assentos para um determinado auditório" ou "crie uma escada entre dois pavimentos" Os modelos generativos seguem as regras definidas pelo projetista, tal como a "a distância de separação das fileiras de assentos do auditório".

### 3.4. Sistemas OOCAD

Historicamente, os sistemas **Object-Oriented CAD - OOCAD** substituíram os símbolos 2D por elementos construtivos (objetos), representando o comportamento dos elementos comuns do edifício. A idéia por trás desses sistemas OOCAD é que a informação rica a respeito dos componentes do edifício poderia ser modelada em uma forma acessível por uma ampla variedade de aplicações do software e ser usada durante todo o ciclo de vida de um edifício sem conversão ou tradução em outros formatos. As propriedades, incluindo a forma, o comportamento, os dados do desempenho, as exigências de transporte e os atributos não-gráficos, além dos links necessários, podiam ser todos incluídos em um "objeto eletrônico" (COHEN, 2004, s.pg).

Segundo COHEN, o termo "object-oriented" (orientado a objetos) é derivado de uma técnica de programação computacional (exemplo: Java e C++) em que os blocos de código são montados como peças de Lego, em componentes maiores. O CAD "object-oriented" é uma idéia nova para modelar objetos físicos tais como componentes do edifício. Os elementos de um edifício são representados como objetos, contendo a geometria física bem como muitos outros tipos dos atributos (COHEN, 2004, s.pg.).

Nestes seus primeiros 20 anos, o CAD foi usado para automatizar o desenho à mão, a criação de desenhos bidimensionais tais como plantas, seções e elevações. Tais desenhos consistiam de linhas e formas sem nenhuma inteligência sobre o que as linhas e as formas representavam. Um programa do CAD pode desenhar uma janela com um fino grau de precisão geométrica, mas ele não sabe sobre a eficiência de energia da janela ou quais são seus custos ou quanto tempo é necessário para instalá-la.

### 3.5. Outras tecnologias computacionais

Nestas últimas décadas, além das ferramentas CAD, foi criada e desenvolvida uma infinidade de tecnologias ligadas à área da Computação. Algumas dessas tecnologias computacionais estão sendo importadas de outras áreas de conhecimento (aviação, engenharia, etc.) e incorporadas no desenvolvimento da atividade de projeção arquitetônica:

- a) Os simuladores de realidade virtual vêm sendo utilizados por algumas instituições de ensino em países desenvolvidos, em pesquisas com projetos arquitetônicos em ambiente virtuais imersivos e interativos.
- b) Os softwares de simulação de condições ambientais vêm sendo utilizados na análise de desempenho e avaliação de soluções do projeto arquitetônico sob determinadas condições tais como a luz do dia, ruído, cargas do peso, entre outras.
- c) Modelagem e Fabricação Digital é um processo que reúne a arquitetura e a indústria da construção no uso de softwares de modelagem e máquinas CNC (Computer Numerical Control), possibilitando a proposição de superfícies complexas.

Novos programas computacionais vêm sendo desenvolvidos por arquitetos para o desenvolvimento de experiências dentro da própria área da Arquitetura, tais como: “algoritmos genéticos” que são capazes de criar formas que os mais inventivos arquitetos não poderiam conceber; “arquitetura líquida” ou “transarquitetura” que são conceitos ligados à realidade virtual desenvolvidos pelo arquiteto Marcos Novak; Program Generated Architecture – PGA (Arquitetura Gerada por Programa de Informática), do arquiteto japonês Makoto; entre outros (JODIDIO, 2003).

### 3.6. Nova terminologia

Além de CAD (Computer Aided Design) e a CADD (Computer Aided Design and Drafting), também o termo CAAD (Computer Aided Architectural Design) são pronunciados da mesma maneira. Mas há um certo tempo, o termo CADD desenvolveu-se para referir-se ao software usado para desenhar e modelar em engenharia, arquitetura, e outras profissões de desenho. O termo CADD serve para diferenciar tal software de muitos outros tipos de software de projeto que abrangidos pelo termo CAD, como o CAE (Computer Aided Engineering), o CASE (Computer Aided Software Engineering), CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing), CAMM (Computer Aided laser cut model making), CAID (Computer Aided interior design), CAFM (Computer Aided facilities management). Muitas outras profissões, dos músicos e Webmasters aos coreógrafos de teatro, agora usam softwares "CAD" para fazer seus trabalhos. Assim, o CAD (Computer Aided Design) tornou-se a categoria geral, enquanto a subcategoria CADD passou a se referir ao tipo do software que resulta em desenhos, modelos e ambientes de realidade virtuais.

Assim, para diferenciar a área de projeto arquitetônico dentro da indústria de construção o Prof. Langdon introduziu e promoveu, em 1983, o termo muito mais descritivo "Architectural CADD". Agora "Architectural CADD" (CADD Arquitetônico) é o termo preferencial mais proeminente para referir-se às áreas do projeto arquitetônico e interior de ambientes virtuais (LANGDON, 1983, s.pg.).

## 4. PRESSÃO SOBRE A PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA

Neste capítulo são identificadas os principais fatores que atualmente vem pressionando o processo de projeção arquitetônica, para modificar e otimizar<sup>8</sup> sua atual configuração.

### 4.1. Tecnologia computacional

O capítulo três descreve o potencial, dimensão e importância que a tecnologia computacional vem adquirindo na maioria das áreas do conhecimento humano e principalmente no processo de projeção arquitetônica.

Observando a incrível atualidade da Lei de MOORE (1965), que afirma que “a cada dois anos a capacidade de processamento dos computadores dobraria, enquanto os custos permaneceriam constantes”, e refletindo sobre a afirmação de Bill GATES (2007), de que “as transformações ainda mais profundas estão por vir”, podemos perceber que existe uma tendência natural para o crescimento da defasagem existente entre os atuais recursos computacionais disponibilizados (computadores, monitores, acessórios, hardwares, softwares, memória, velocidade, capacidade, etc.) e os recursos computacionais efetivamente utilizados na atividade de projeção arquitetônica. (GATES, 2007, p. 68)

A figura 4-1 exemplifica esse extraordinário avanço que a computação teve nas últimas décadas, comparando um disco rígido de 5MB que pesava uma tonelada, em 1959, e um atual pendrive de 1 GB.

---

<sup>8</sup> Melhorar até o máximo.





**Figura 4-1** - Evolução dos sistemas computacionais.

**Fonte:** Figura da esquerda: Disponível em: <[http://tecnotrekos.blogtv.uol.com.br/img/Image/Tecnotrekos/2007/Setembro/hdd\\_5mb\\_305\\_ramac.jpg](http://tecnotrekos.blogtv.uol.com.br/img/Image/Tecnotrekos/2007/Setembro/hdd_5mb_305_ramac.jpg)>. Acesso em: 12/12/2007.

**Fonte:** Figura da direita: produção própria.

Assim, essa crescente sub-utilização da tecnologia computacional vem sendo um importante vetor de pressão para otimização do processo tradicional de projeção arquitetônica.

## 4.2. Pressão mercadológica

Outro importante fenômeno pelo qual vem passando o mercado mundial é a execução de projetos cada vez mais complexos, em menores prazos e com pagamento de menores honorários.

As demandas dos atuais empreendimentos, pela geração de resultados (lucros) mais rápidos, tem aumentado a pressão sobre a indústria da construção civil que, conseqüentemente vem buscando novos meios de otimizar (produtividade, custo e qualidade) sua cadeia produtiva, principalmente nos processos de projeção.

A solução para estas novas exigências mercadológica vem sendo concentrada principalmente no investimento em tecnologia específica para o aumento da produtividade e diminuição do trabalho “braçal”. Assim, o mercado vem buscando o uso de ferramentas computacionais que permitam extrair a maior parte das informações de projetos, de forma automática ou semi-automática, objetivando sempre a ruptura de paradigmas e processos obsoletos.

Assim, o mercado também vem sendo um importante vetor de pressão para a otimização do processo tradicional de projeção arquitetônica.

### **4.3. Complexidade do processo**

Como observado no item anterior, os projetos de construção civil estão cada vez mais complexos e isso basicamente se deve à crescente incorporação de projetos de subsistemas complementares como: informática, contra-incêndio, ar-condicionado, dados (cabearamento estruturado), equipamentos eletromecânicos (escadas rolantes, elevadores, etc.), segurança (circuito interno de TV, alarme, etc.), proteção (aterramento), automação (controle de acesso, etc.), ambientais (reciclagem, economia de recursos, etc.), entre outros.

A projeção arquitetônica também se transformou, assim, num processo complexo que envolve planejamento, integração de etapas e solução de interferências. Sem isso, não há obra que resista do ponto de vista da qualidade, racionalidade, custos e prazos.

As edificações também vêm se tornando cada vez mais complexas no que diz respeito à demanda dos clientes, novos materiais e tecnologias. Uma parte da complexidade dos projetos modernos está relacionada ao produto e outra parte ao seu processo de produção.

As condições técnicas e econômicas que limitam o desenvolvimento de empreendimentos são específicas para cada novo projeto e a experiência prévia dos projetistas muitas vezes não compreende aspectos particulares que o cliente vê como imperativos (TATUM, 1989 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 03).

As novas tecnologias utilizadas tendem a aumentar a complexidade dos projetos, bem como o número de intervenientes do processo, à medida que são incorporados ao mesmo, novas especialidades e cada interveniente possui um campo de conhecimento e ação específico e bastante especializado (TATUM, 1989 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 04).

A natureza fragmentada da comunicação no processo, fruto da natureza fragmentada da indústria da construção como um todo, também contribui para a complexidade do processo. No processo de projeto, a troca de informações é intensa. Porém, estas informações estão espalhadas sem qualquer estrutura ou classificação, ocasionando muitos problemas entre as partes envolvidas (MATEUS et al., 1996, s.pg.).

Outros fatores que geram problemas de comunicação são relacionados às diferentes formações dos profissionais que desenvolvem projetos de edificações. Em função destas diferenças, cada profissional ou grupo de profissionais desenvolvem diferentes percepções com relação à nomenclatura e aos conteúdos das atividades de projeto. Além disto, estes profissionais encontram-se, em geral, em locais fisicamente distantes e, usualmente, não existe clareza com relação às funções e responsabilidades de cada um dos envolvidos.

Lidar com essas variáveis distintas não é tarefa fácil como argumenta SCHÖN (1988), o que torna complexo o entendimento de como são articuladas as variáveis e os diferentes indivíduos envolvidos no processo, cada um com suas idiosincrasias.

*"A projeção é, caracteristicamente, um processo social. Na maioria dos projetos existem muitos tipos diferentes de*

*participantes: arquitetos, engenheiros, construtores, representantes de clientes e interesse de grupos, legisladores, desenvolvedores, que devem comunicar-se entre si para concluir o projeto. Esses indivíduos em seus diferentes papéis tendem também a perseguir interesses diferentes, ver coisas de modos diferentes, e até falar diferentes linguagens" (SCHÖN, 1988, p. 182).*

AUSTIN et al. (1994) acreditam que o constante aumento da complexidade das construções modernas em um mercado competitivo, junto a outros fatores, tem ocasionado o aumento de pressões sobre construtores no sentido de diminuir cada vez mais o prazo de execução dos empreendimentos. O aumento destas pressões vem requerendo que, muitas vezes, exista a sobreposição entre as etapas de projeto e obra. Esta sobreposição introduz maiores demandas em todas as fases do projeto e aumenta ainda mais a necessidade de planejamento (AUSTIN et al., 1994 apud TZORTZOPOULOS, 1999, p. 04).

REGO (2001) acredita que o processo projetual em arquitetura, por sua grande complexidade, tem nos instrumentos técnicos usados para seu desenvolvimento um fator de relevância fundamental. Compreender como se estrutura a mediação exercida pelas tecnologias empregadas na projeção é um caminho para o entendimento das naturezas criativas e cognitivas envolvidas no processo e, também, conseqüentemente, como essas habilidades tendem a se modificar a partir da adoção de tecnologias computacionais (REGO, 2001, s.pg.).

Assim, o processo tradicional de projeção arquitetônica também vem sendo pressionado pelo aumento da complexidade dos atuais projetos de construção, que passaram a exigir um esforço muito maior para compatibilizar mais informações, avaliar possibilidades, evitar refazer trabalhos e minimizar erros e interferências.

#### 4.4. Teorias de administração

Segundo MACHADO (1998), há muito tempo o homem vem desenvolvendo a maneira como conduz as ações destinadas a promover uma melhor organização do processo produtivo. A primeira ocorrência formal de atitude nesta direção, relaciona-se ao estabelecimento dos fundamentos da Administração Científica, no início do século XX. Deste período até os dias atuais, muito se conseguiu em termos de evolução das teorias de administração. Uma das mais importantes conquistas do homem nesta área foi a criação dos sistemas de Gestão da Qualidade Total, consolidados nas décadas de 80 e 90, e ainda em processo de evolução e melhoria (MACHADO, 1998, p. 01).

PALADINI (1995) esclarece que modernamente, a quase totalidade das ferramentas historicamente utilizadas para a produção da qualidade volta-se para o processo produtivo. Neste sentido surgem novas mentalidades e ferramentas aliadas na solução dos problemas relacionados com o processo produtivo, tais como: Qualidade Total, “Lean Production” (Produção Enxuta), Reengenharia, Engenharia Simultânea e “Just in Time – JIT” (PALADINI, 1995 apud MACHADO, 1998, p. 01-07).

MEDEIROS (2006) destaca que o setor da construção também buscou abraçar estes novos conceitos de administração para aumentar a produtividade, diminuir custos e aumentar a qualidade final (MEDEIROS, 2006, s.pg.).

Neste ponto cabe observar que o processo de projeção arquitetônica tem sérias restrições à adoção de um processo de industrialização, como os resultados dos sistemas CAD nas áreas automobilística, aeronáutica, mecânica, pois seu produto (edificação) tem características próprias (produtos industrializados que se repetem).

A engenharia simultânea, que valoriza a integração entre os agentes, minimizando as possibilidades de erros, repetições de trabalhos,

perdas de eficiência e defeitos, é uma das filosofias que vem influenciando a revisão do processo tradicional de projeção, que prevê uma seqüência na qual uma etapa só começava após o término da outra. Por esse enfoque, integra-se o desenvolvimento do produto (edifício voltado para as necessidades do cliente) ao processo de produção e ao processo de projeto. Assim, as etapas que antes eram pensadas isoladamente, sem relacionamento umas com as outras e, por conseqüência, suscetíveis a erros, passam a ser concebidas de forma integrada e cooperativa (MEDEIROS, 2006, s.pg.).

Segundo o professor da POLI-USP, Sílvio Burratino MELHADO (1994), a busca da qualidade na construção civil mostrou que o processo de projeto tornou-se um elo fundamental da cadeia produtiva. Além de instrumento de decisão sobre as características do produto, o projeto influi diretamente nos resultados econômicos dos empreendimentos e interfere na eficiência de seus processos.

Diante desse quadro, percebe-se que os novos conceitos de industrialização também vêm exercendo uma pressão sobre a indústria da construção, e conseqüentemente sobre o processo tradicional de projeção arquitetônica.

#### **4.5. Explorações de vanguarda**

Ao longo dos tempos sempre se identificou a existência de um pequeno grupo de profissionais de vanguarda que estava procurando trabalhar em projetos audaciosos que exigiam diferentes metodologias e novas tecnologias indisponíveis naquele momento. A maioria desses profissionais não obtinha muito sucesso nas suas ambiciosas empreitadas, mas sempre foram importantes referências no desenvolvimento dos processos.

Nesse momento, também existe uma grupo de arquitetos (Frank Gehry, Norman Foster, entre outros), principalmente em países desenvolvidos, que vêm realizando explorações na área da arquitetura, com inovadoras

metodologias de trabalho baseadas nas novas tecnologias computacionais (JODIDIO, 2003).

Assim, o crescimento dessas experiências de sucesso tem se tornado muito mais do que uma referência na área, mas um fator que vem pressionando o processo tradicional projeção arquitetônica.

#### **4.6. Criticidade do momento**

Diante das referidas pressões atuantes, pode-se perceber que hoje a projeção arquitetônica vive um momento de transição histórica em que a computação vem disponibilizando novas e melhores ferramentas para o desenvolvimento da projeção arquitetônica, mas ainda existe uma certa resistência dos profissionais para a formação de uma nova linguagem<sup>9</sup> e metodologia de projeto.

Vários trabalhos, dentre os quais MELHADO (1994), têm ressaltado a necessidade de se buscar processos de projeto mais robustos que considerem precocemente as suas implicações nas várias fases de um empreendimento de forma a alavancar a qualidade de todo o ciclo de produção e uso dos edifícios.

O processo de projeção, cada vez mais, não vem sendo tratado como uma etapa isolada e estanque às demais atividades que compõem a produção de edifícios e a vida do empreendimento. As exigências dos usuários, dos empreendedores, dos projetistas, da construtora e do setor de suprimentos, vêm sendo consideradas e incorporadas ao desenvolvimento de processo de projeção. Desta forma, o projeto vem sendo visto como um processo colaborativo não somente entre as várias especialidades, mas também com a participação dos demais envolvidos na produção, manutenção e uso dos edifícios. Assim, essa visão mais abrangente vem sendo cada vez

---

<sup>9</sup> forma de comunicação.

mais necessária num setor que vive num ambiente de crescente competitividade e que busca mudar radicalmente a sua imagem de ser um setor pouco eficiente e gerador de enormes desperdícios.

Segundo CARVALHO e ALMEIDA, “vivemos atualmente em um desses momentos críticos de mudança, onde paira uma instabilidade sobre as antigas ordens de representação e dos saberes”. Acreditamos que vivida principalmente por esta nova ordem gerada pela utilização de ferramentas computacionais, visto que estas apresentam uma nova atitude sobre o pensar o espaço físico durante o processo projetual para a sua concepção e representação (CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 01).

CARVALHO e ALMEIDA acreditam que um novo meio de expressão gera um novo sistema de representação tendendo a formar uma nova disciplina e não apenas funcionando como um mero substituto da técnica anterior. Ao invés da extinção e substituição das velhas ferramentas, o que nós podemos esperar é uma reorganização e uma redefinição de suas funções (CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 10).



## 5. SISTEMAS BIM

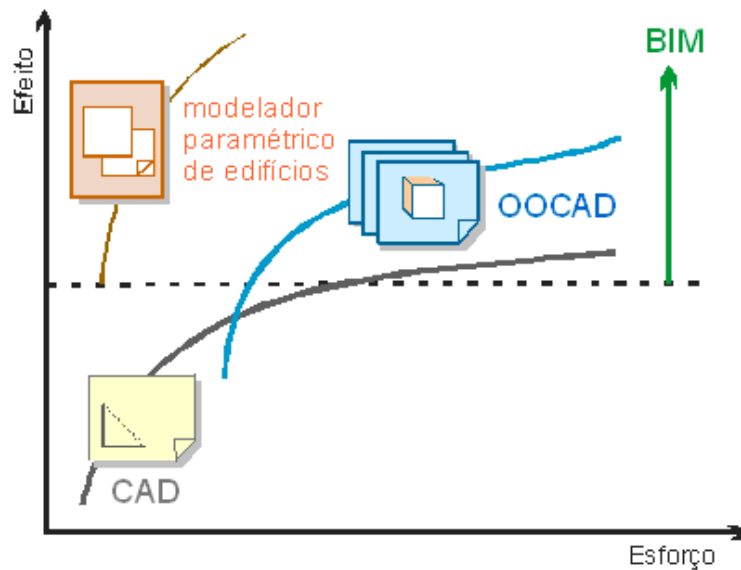
Diante das características especiais desse momento, apresentadas nos capítulos anteriores, “recentemente” surgiram os sistemas computacionais **BIM - Building Information Modeling** (Informação do Modelo do Edifício ou Modelagem da Informação do Edifício), como uma das soluções mais promissoras para as atuais pressões e demandas no processo de projeção arquitetônica.

Segundo HOWELL e BATCHELER, o sistema BIM é a última geração dos sistemas de OOCAD em que todos os objetos inteligentes construídos se combinam para transformar o projeto do edifício, coexistindo em uma única “base de dados do projeto” ou “edifício virtual” que captura todo conhecimento sobre o edifício. O BIM (na teoria) fornece uma simples, lógica e consistente fonte para toda a informação associada com o edifício (HOWELL e BATCHELER, 2005, s.pg.).

O diagrama da figura 5-1 mostra o nível de efetividade ou benefícios (eixo vertical) de cada uma das atuais tecnologias - CAD, OOCAD e Modelador Paramétrico<sup>10</sup>, medidos em função do esforço (eixo horizontal) exigido para consegui-los. Além disso, a linha tracejada horizontal representa o mínimo grau de efetividade que pode ser adequadamente caracterizado como tecnologia BIM. Abaixo desse limiar BIM existem processos tradicionais baseados pela automação de desenhos e tarefas tradicionais. Acima dessa linha existem crescentes graus de eficácia BIM. As três linhas sólidas mostram a efetividade executável ao determinado nível de esforço usado nessas três diferentes tecnologias.

---

<sup>10</sup> Modelador paramétrico: conforme explicação contida no item 6.3.



**Figura 5-1** - Diagrama de tecnologias BIM: Efeito x Esforço.

**Fonte:** Disponível em: < [http://images.autodesk.com/emea\\_apac\\_main/files/bim\\_in\\_practice.pdf](http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/bim_in_practice.pdf)>. Acesso em: 12/12/2007.

Assim, pode-se observar que a utilização do sistema de tecnologia BIM, como a modelagem paramétrica, vem trazer ao processo de projeção, uma maior efetividade com uma quantidade igual ou inferior de esforço despendido atualmente pelo sistema CAD.

## 5.1. Definição

“BIM” ou Building Information Model(ing) (Modelo de Informação do Edifício ou Modelagem de Informação da Construção) é, atualmente, possivelmente um dos termos mais excessivamente comentados e incompreendidos na indústria AEC – “Architecture, Engineering and Construction” (Arquitetura, Engenharia, Construção) de vanguarda, em seus diferentes níveis. Parte do problema está no fato de que BIM é um conceito em desenvolvimento, que continua se transformando de acordo com as novas potencialidades da tecnologia e a própria habilidade dos usuários em manipulá-la e explorá-la. Assim, torna-se difícil vincular o termo BIM a uma simples definição.

Apesar de a metodologia BIM ser considerada uma inovação recente, ela é baseada em um conceito que foi introduzido, há mais de trinta anos, por Chuck Eastman (Ph.D. da Georgia Tech College of Architecture and Computing):

“Building Information Modeling integra toda a informação geométrica do modelo, as exigências e potencialidades funcionais e a informação do comportamento das partes, dentro de uma descrição simples de inter-relação de um projeto de um edifício sobre o seu ciclo de vida. Ele também inclui o relacionamento da informação processada com os cronogramas de construção e os processos de fabricação” (EASTMAN, apud GOLDBERG, 2004, s.pg.).

Modelagem 3D, edifícios virtuais, modelos simples dos edifícios e outras idéias têm sido usadas durante as últimas décadas. Esses conceitos estão concentrados basicamente em duas áreas: a geração ou extração de desenhos 2D de modelos 3D do edifício para melhorar a produtividade na documentação; e o uso de dados embutidos nos objetos de um modelo, com a finalidade de gerar cronogramas e listas de materiais. BIM amplia essas idéias de produção de desenhos e cronogramas para a criação, gerência e comunicação da informação do edifício, especificamente direcionada para a qualidade e consistência dessa informação.

De acordo com o American Institute of Architects - AIA (Instituto Americano de Arquitetos), o termo BIM, foi “trabalhado” por Jerry Laiserin para descrever “3D, object-oriented, AEC-specific CAD” - representação digital do processo do edifício, para facilitar a troca e a interoperabilidade da informação em formato digital. Isto compreende não somente a geometria, mas também a definição: dos componentes do edifício (incluindo os detalhes de fabricação), da documentação (conforme as especificações), do processo de construção e operação dos equipamentos, facilitando a extração dos respectivos quantitativos.

O AIA, ainda procurou definir melhor BIM como: "uma tecnologia baseada em modelo, ligado com uma base de dados de informações do projeto" e isto reflete a confiança geral na tecnologia da base de dados como a fundamentação.

A GSA - General Services Administration, define o termo como sendo: "BIM é um software de modelagem 3D paramétrico, com uma base de dados fundamentada. Todas as mudanças feitas no modelo ou em sua documentação, automaticamente atualizam e coordenam toda as outras partes".

A Associação Geral de Empreiteiros ("Association of General Contractors") e firmas contratadas também têm desenvolvido uma variedade de trabalhos para tentar definir o termo BIM, que descrevem geralmente como:

"uma ferramenta de desenvolvimento objeto-orientado do edifício que utiliza: conceitos de modelagem 5D (3D dimensões, 4D tempo, 5D custo), tecnologia da informação e interoperabilidade de software para projetar, construir e operar um projeto de edifício, assim como gerar seus detalhes".

O BIM pretende concentrar em um único arquivo todas as informações relevantes ao projeto da edificação. Além dos dados gráficos tridimensionais são armazenados dados quantitativos, custos, especificações de materiais e componentes, e gerenciamento de instalações durante toda a vida útil da edificação, bem como os cortes, planta baixa e fachadas extraídos dos desenhos tridimensionais.

EASTMAN et. al. definem BIM como "uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos do edifício" (EASTMAN et. al., 2008, p. 13.)

Segundo a M.A. Mortenson Company (firma de construção que tem usado as ferramentas BIM extensivamente) BIM é "uma simulação inteligente de arquitetura", onde esta simulação apresenta seis características básicas:

digital; espacial (3D); mensurável (quantificável e dimensionável); compreensível (intenção conceitual, constructibilidade e aspectos financeiros); acessível (à equipe de proprietários e construtores através de uma interface adequada); e durável (usável em todas as fases da vida útil)” (EASTMAN et. al., 2008, p. 13).

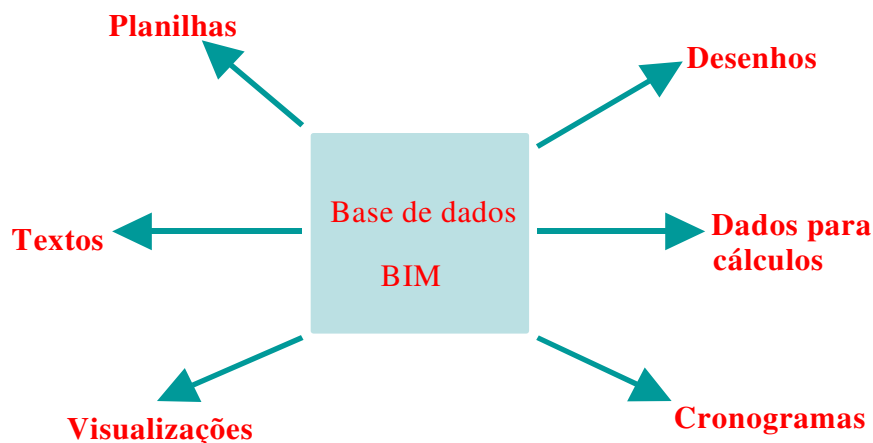
A definição do que constitui a tecnologia BIM está sujeita à variação e confusão. Para mitigar esta confusão, EASTMAN et. al. propõe a descrição das soluções de modelagem que não utilizam tecnologia BIM. Estas soluções incluem os seguintes tipos de modelos (EASTMAN et. al., 2008, p. 15-16):

- a) Os modelos que somente contêm dados tridimensionais e nenhum atributo de objeto. Estes são os modelos que podem somente ser usados para visualizações gráficas e não têm nenhuma inteligência no nível do objeto. Eles são bons para fornecer visualizações, mas não fornecem apoio para a integração de dados e análises de projeto;
- b) Modelos sem a sustentação do comportamento. Estes são modelos que definem objetos, mas não podem ajustar seu posicionamento ou proporções porque não utilizam a inteligência paramétrica;
- c) Modelos que são compostos por arquivos de referência CAD com múltiplas vistas 2D que devem ser combinadas para definir o edifício. É impossível assegurar que o modelo 3D resultante seja praticável, consistente, calculável, e apresente inteligência da exposição no que diz respeito aos objetos contidos dentro dele;
- d) Modelos que permitem mudanças de dimensões em um ponto de vista que não reflete automaticamente nas outras vistas. Isto apresenta erros no modelo que são muito difíceis de detectar.

A definição de BIM também pode ser construída por meio da análise individual de seus termos:

“Building” (edifício ou construção), em “BIM”, é um substantivo que se refere mais a edificação do que ao processo de construção e, conseqüentemente os exemplos atuais de BIM tendem a ser modelos virtuais dos edifícios, executados em um software apropriado, que tem a finalidade de apoiar as fases de projeção, detalhamento e construção do ciclo de vida do edifício.

“Information” (informação), tem uma grande ênfase dentro do termo “BIM”. Ao longo dos anos as informações contidas em um projeto tornaram-se cada vez mais complexas, mas os recursos para comunicá-las praticamente não foram alterados nos últimos 500 anos. Assim, os sistemas BIM têm a capacidade de armazenamento e integração de todas as informações (geometria, materiais, estrutura, instalações, custos, planejamento, etc.) referentes a um projeto, em uma base de dados computacional e a capacidade de disponibilizá-los em uma variedade de formas.



**Figura 5-2** - Informações geradas pela base de dados BIM.

**Fonte:** Elaborado a partir das informações pesquisadas.

Basicamente as informações que podem ser colocadas em um modelo, podem ser divididas de acordo com os seguintes tipos:

- a) Informação geométrica: Obviamente quanto mais detalhes forem colocados em um modelo 3D, melhor as idéias e a intenção projetual, serão comunicadas graficamente. Além disso, a criação de um modelo 3D de um edifício permite a identificação antecipada de questões de projeto, resolvendo-as antes que eles fiquem potencialmente caras para serem executadas.
- b) Informação não-gráfica: com a atual tecnologia de “object-oriented”, os próprios componentes do modelo gráfico podem conter informações não-gráficas que também definem sua função e estrutura. Por exemplo, uma parede, em um software BIM, pode ter qualquer número de “propriedades” não-gráficas relacionadas a ela, contendo informações sobre o grau de resistência ao fogo, parâmetros estruturais, informação de avaliação, etc., que obviamente não podem ser simplesmente visualizados no modelo e nas vistas 2D. Esta informação pode ser mostrada em uma tabela, ou exportada para um outro sistema ou usada em uma aplicação complementar de outra disciplina.
- c) Informação “linkada” (vinculada): a informação relativa ao modelo, mas não contida diretamente nele, pode ser vinculada através de hiperlinks.(como GIS).

“Model(ing)” (modelo ou modelagem), em “BIM”, significa a representação digital de um edifício ou estrutura inteira, freqüentemente um modelo 3D. Quando composto por objetos, também pode ser referido como um modelo do objeto ou modelo orientado do objeto (“object-oriented”). Neste contexto os “objetos” significam as partes de um edifício, em um modelo digital que imita o comportamento de suas duplicatas reais (por exemplo, um objeto-porta sabe que deve estar em um objeto-parede) e que freqüentemente contém os dados úteis para o planejamento. E “objetos paramétricos” são dirigidos por relações expressas numericamente ou logicamente, incorporados no modelo

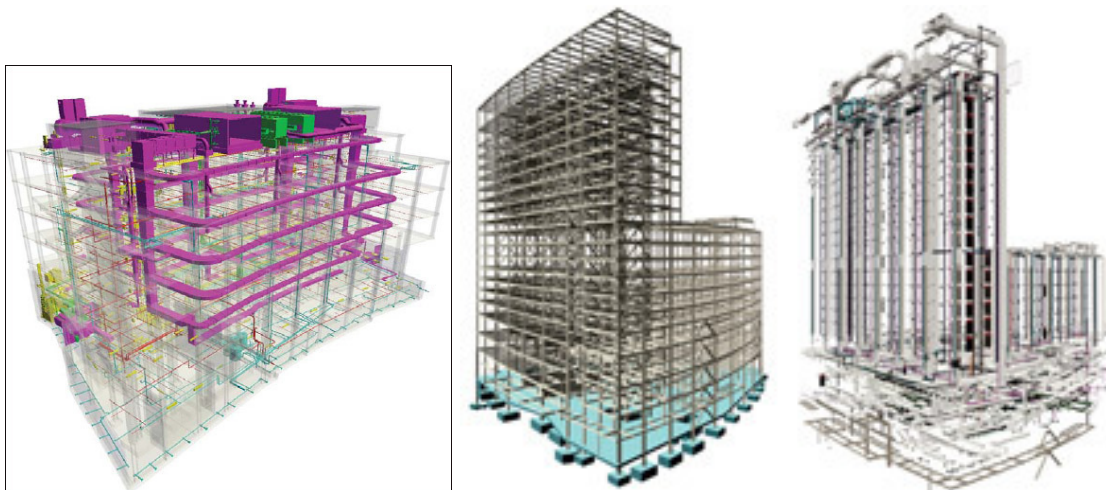
diretamente pelo software ou criados explicitamente pelo usuário. Os diversos softwares usam diferentes nomes para os objetos, tais como blocos, células e componentes.

## 5.2. Características

Segundo SCHEER, o potencial do BIM pode ser caracterizado por cinco pontos básicos (SCHEER, 2005, s.pg.):

### 5.2.2. O modelo engloba os “objetos” digitais, que têm propriedades que descrevem os elementos físicos da construção.

A construção do modelo corresponde à construção de cada parte do edifício, tornando-o uma representação virtual do que será a construção real do projeto. Isto obriga os projetistas a pensar dentro do processo da construção, criando um relacionamento mais forte entre o projeto e a construção, o que atualmente não acontece. Os projetistas podem antecipar e resolver melhor as interferências espaciais e outros problemas da construção antes mesmo que eles apareçam na obra.



**Figura 5-3** - Exemplos de modelo BIM

**Fonte:** Disponível em: <[http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2007/BIM\\_Awards\\_Part1.html](http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2007/BIM_Awards_Part1.html)>. Acesso em: 10/12/2007.



### **5.2.3. A estratégia de armazenar toda a informação do projeto em bases de dados.**

O computador converte estes dados na forma que o usuário necessite tal como: gráficos, tabelas, planilhas e textos. Os dados também podem ser convertidos em formatos usados por outros softwares de aplicativos. Cada desenho, vista 3D, cronograma ou planilha produzido pelo modelo é gerado à partir dos mesmos dados. Conseqüentemente, todas as representações concordam entre si, assegurando a coerência entre os documentos.

### **5.2.4. O armazenamento centralizado da informação.**

Isto tem duas conseqüências: Primeiro, o modelo acumula a informação enquanto o trabalho se desenvolve. A informação recolhida durante qualquer fase do projeto é armazenada para o uso nas fases subseqüentes. Isto está em absoluto contraste com os atuais métodos, onde no início a informação parece estar desconexa para a equipe de projeto, particularmente quando o projeto passa para uma fase seguinte. Segundo, ele facilita a colaboração, onde todos os participantes têm acesso à mesma informação atualizada. O modelo pode incluir informação gerada pelos arquitetos, engenheiros, consultores, fabricantes, construtores, contratantes, proprietários e outros. Dependendo da função dentro do projeto, um indivíduo pode ser habilitado a: adicionar/modificar a informação em determinadas partes do modelo; extrair informação do modelo; ou revisar/comentar o modelo. Os participantes podem ver o trabalho do outros e resolver mais facilmente os conflitos, durante a fase do projeto.



**Figura 5-4** - Diagrama de inter-relações no sistema BIM

Fonte: Disponível em: < [http://images.autodesk.com/adsk/files/revitarch09\\_brochure.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/revitarch09_brochure.pdf) >. Acesso em: 10/12/2007.

### **5.2.5. A natureza paramétrica dos objetos BIM.**

A natureza do BIM permite que um número relativamente pequeno de objetos defina um número ilimitado de elementos da construção. Isto simplifica extremamente a tarefa do projetista enquanto melhora sua liberdade de criação.

### **5.2.6. A comunicação direta entre o modelo BIM e as ferramentas computacionais que constroem os componentes do edifício.**

A tecnologia CAM – Computer Aided Manufacturing, existente por meio da comunicação direta do BIM é melhorada pelo fato de que cada parte

de um projeto possui uma representação digital. Assim, os projetistas podem controlar diretamente a produção de determinados componentes, dando lhes o controle direto sobre alguns aspectos da construção.

### **5.3. Tridimensionalidade do sistema BIM**

Em 1953, a revista *Nature* publicou o artigo de WATSON e CRICK (1953), no qual a hélice dupla da estrutura do DNA aparece impressa pela primeira vez. Foi Linus Pauling quem havia proposto pela primeira vez uma figura no espaço para explicar a estrutura de uma proteína, alguns poucos anos antes. Até então, toda a investigação sobre o mundo molecular estava baseada em esquemas bidimensionais. Pauling foi quem deu o salto do plano ao volume. Ao dar esse salto, ele abriu uma perspectiva nova para a pesquisa na área. Em pouco tempo, a estrutura do DNA estava ocupando seu lugar em um espaço tridimensional (MELLO, 2005, s.pg.).

MELLO (2005), afirma que a ferramenta com que trabalhamos interfere em nosso modo de pensar. No entanto, o caso ocorrido nas investigações moleculares é exemplar: enquanto os cientistas formularam hipóteses limitadas ao plano, as peças do quebra-cabeça não se encaixaram. Só quando Pauling percebeu que, se a proteína vive no espaço, então sua estrutura deveria ser espacial, é que uma imensa barreira foi transposta, e a cadeia de produção de conhecimento novo foi deflagrada. Depois que o salto foi dado, ele pode parecer modesto. As conquistas mais árduas são as que atuam exatamente aí, nas bases do pensamento. Nesse âmbito, as estruturas operativas parecem tão naturais que se torna difícil afastarmo-nos delas. As hipóteses que formulamos carregam os caminhos que estamos habituados a trilhar (MELLO, 2005, s.pg.).

Segundo MELLO (2005), a produção cotidiana de arquitetura padece de um mal crônico: a hegemonia da bidimensionalidade. Justamente a arquitetura, tridimensional por natureza, carrega um raciocínio ancorado na bidimensionalidade (essa observação não vale para os grandes mestres;

Niemeyer, por exemplo, com sua arquitetura de raiz escultórica, passa longe desse perigo).

ZEVI (1996, p. 17 a 28) discutiu exaustivamente as limitações da bidimensionalidade nas plantas baixas, cortes e fachadas, bem como nas perspectivas de um único ponto de vista.

MELLO (2005) vincula o papel, lapiseira, régua T e esquadros à origem desse mal. De instrumentos de desenho técnico eles tornaram-se instrumentos de concepção. Os edifícios passaram a ser formados pela justaposição de elevações, pensadas cada uma delas como um problema bidimensional. É claro que há outras condicionantes envolvidas: custo, tecnologia, padrões urbanísticos, padrões estéticos, e por aí afora. Mas lá atrás, no começo da cadeia, atuando diretamente na concepção, estão os instrumentos de desenho técnico.

MELLO lembra novamente o brilhante salto de Linus Pauling.

“É impressionante pensarmos que a simples passagem de um modelo interpretativo bidimensional para um tridimensional tenha sido capaz de deflagrar uma poderosa cadeia de descobertas: em menos de dez anos, a estrutura do DNA estava compreendida; em 50 anos, animais estavam sendo clonados” (MELLO, 2005, s.pg.).

Assim, MELLO acredita que: na ciência e no “design”, a tridimensionalidade veio para ficar (MELLO, 2005, s.pg.).

O computador vem gradativamente modificando a forma de se pensar o espaço. Com ele, pode-se ter infinitas vistas de um objeto com os mais variados planos de projeção e dos mais variados pontos de observação. Por ser um procedimento caracteristicamente não-linear, sua expressão gráfica apresenta um controle e uma percepção global do projeto mais avançada do que as geradas pelos procedimentos gráficos tradicionais. A utilização do computador para a representação gráfica aumentou o distanciamento entre o sujeito e o objeto bem como conduziu a representação gráfica a seus limites através de uma excessiva preocupação com a retratação do real. Na

representação a instrumento e à mão livre, sujeito e objeto representado estão no mesmo ambiente físico. Com o computador, o sujeito está no mundo físico, enquanto o objeto representado está no mundo virtual. Segundo CARVALHO e ALMEIDA, “o computador conseguiu separar três elementos que sempre estiveram reunidos na representação arquitetônica (tanto nos desenhos como nas maquetes): o olho, a mão e a base material da representação”. (CARVALHO e ALMEIDA, 2002, p. 9).

O CAD tornou possível a construção de modelos virtuais de formas tridimensionais, em escala completa, definidas por uma estrutura de dados na memória do computador, através das informações sobre a geometria de cada forma. Os modelos eletrônicos tridimensionais vieram permitir a visualização rápida de um número ilimitado de perspectivas e visões axonométricas definidas de acordo com os parâmetros (ponto de vista e rotação dos eixos) manipulados facilmente pelo usuário.

Os modelos eletrônicos tornaram-se cada vez mais realistas, através da incorporação das características dos materiais e texturas, às suas superfícies geométricas, e da integração a cenários virtuais construídos por imagens computacionais e outras capturadas do mundo real. O CAD também alcançou rapidamente todas as aplicações gráficas computacionais incorporando os modelos eletrônicos aos softwares de animação e de seqüências visuais.

A base dos sistemas BIM, é o desenvolvimento de todo o trabalho em 3D, representando os componentes construtivos (incluindo não apenas geometria, mas também as suas propriedades e comportamentos) tais como paredes, elementos estruturais, aberturas e detalhes construtivos tridimensionais. A qualidade final dos projetos em relação aos objetivos esperados e os ganhos de produtividade, depende do software escolhido, mas de modo geral, todos os programas facilitam a concepção, a visualização e a obtenção de dados a partir do modelo 3D, como os quantitativos de materiais, os detalhamentos entre outras informações complementares. Os desenhos 2D como plantas cotadas, seções e elevações passam a ser subprodutos do

modelo 3D, revertendo a ordem dos processo que estamos habituados. Nas novas soluções, o desenho 2D fica “ligado” ao modelo 3D, e vice-versa, permitindo a sincronização no caso de alterações em um deles.

Durante a evolução de um projeto, diversas características podem mudar, e é justamente nestas mudanças que o CAD em duas dimensões (2D) se parece com o desenho convencional de prancheta. Pelo processo artesanal, diversos elementos do desenho precisavam ser redesenhados na produção das plantas, elevações e cortes, incluindo a produção de margens, carimbos, tabelas e gabaritos diversos.

O trabalho direto em três dimensões (3D) é uma das soluções que pode acabar com a redundância de entidades de desenho, pois desta forma planta, vista e corte se tornam uma coisa só. Além disso, a geração de modelos tridimensionais é atraente, pois o usuário recebe um modelo adequado para gerar perspectivas, imagens foto realísticas e animações.

Entre as principais vantagens dos sistemas BIM tridimensional sobre o CAD bidimensional, destaca-se:

- a) Visualização e entendimento dos projetos: desenhos 2D precisam ser interpretados e quanto mais complexos, mais difícil é a sua compreensão. Modelos 3D representam a geometria real de um projeto. Formas complexas são compreendidas instantaneamente. A margem de erros de interpretação é muito menor com o 3D.
- b) Gerenciamento de projetos grandes e complexos: desenhos complexos são difíceis de gerenciar e de compreender com o CAD 2D, além de ser difícil e trabalhoso a criação dos mesmos. Um software de modelagem 3D pode criar e gerenciar facilmente projetos complexos e com maior precisão. O conjunto evolui conforme o andamento do projeto;

- c) Verificação de problemas de execução: com CAD 2D a verificação de erros de execução é trabalhosa, difícil e demorada, dando margem para erros. Ciclos de verificação e correção são repetidos diversas vezes. Com o 3D, erros de execução são detectados com facilidade pois a criação dos elementos e do conjunto são realizadas simultaneamente;
- d) Simulações realistas: no CAD 2D são necessárias várias vistas do conjunto para verificar sobreposições, interferências ou para executar simulações. Os modelos eletrônicos tornaram-se cada vez mais realistas, através da incorporação das características dos materiais e texturas, às suas superfícies geométricas, e da integração a cenários virtuais construídos por imagens computacionais e outras capturadas do mundo real. O CAD também alcançou rapidamente todas as aplicações gráficas computacionais incorporando os modelos eletrônicos aos softwares de animação e de seqüências visuais;
- e) Criação instantânea de desenhos: com o CAD 3D a criação de desenhos 2D dos modelos 3D é instantânea e automática. Os modelos eletrônicos tridimensionais vieram permitir a visualização rápida de um número ilimitado de perspectivas e visões axonométricas definidas de acordo com as configurações (ponto de vista e rotação dos eixos), manipuladas facilmente pelo usuário;
- f) Facilita os processos de documentação, criação de catálogos e marketing: a geração da documentação, catálogos ou material de marketing muitas vezes exige a criação de vistas explodidas, isométricas ou foto-realistas que são muito difíceis de conseguir com o CAD 2D, mas são rapidamente executadas no 3D. As imagens geradas pelo CAD 3D podem ser facilmente exportadas para softwares de criação gráfica e publicação Web;

Além das vantagens acima, a adoção de sistemas BIM tridimensionais gera os seguintes ganhos:

- a) Modelamento complexo: os softwares de BIM 3D possuem recursos de modelagem de sólidos, superfícies e de curvas de formas complexas. Com isso a possibilidade de explorar novas formas e estilos para os produtos é muito grande. Isso permite que as empresas possam dar estilo e característica únicos para os seus produtos;
- b) Possibilidade de realizar vários tipos de análises: Como afirmamos anteriormente, a geometria de um sólido 3D permite a realização de várias análises de quantitativo (volume, etc.), estruturais, térmicas e acústicas. No caso de conjuntos é possível a análise de mecanismos e movimento;
- c) Aproveitamento do legado 2D: A maioria dos softwares de BIM 3D modernos possibilita a reutilização dos desenhos 2D existentes. Esses desenhos são aproveitados para a criação dos modelos em 3D, desde que esses desenhos estejam em escala correta.;

Apesar destas vantagens e ganhos apresentados, das inovações inseridas nos softwares e dos esforços dos fabricantes em migrar seus programas para 3D, ainda predomina na maioria dos escritórios de arquitetura a utilização de ferramentas 2D porque a maioria dos arquitetos resiste em migrar para projetos tridimensionais, ou porque ainda não têm conhecimento dos sistemas CAD tridimensionais e treinamento dos mesmos.

No mercado há uma gama enorme de soluções CAD com maior ou menor oferta de ferramentas 3D. Além disso, os equipamentos nunca estiveram tão acessíveis. Apesar disso, a antiga geração de arquitetos ainda reluta em mudar os processos de projeto e desenho.



A insistência dos arquitetos em continuar projetando em 2D é fruto da inércia humana. Temos “aversão” a mudanças nos nossos processos, temos uma tendência natural em evitar qualquer mudança porque elas geram insegurança.

A maioria dos arquitetos e projetistas que hoje atua no mercado de trabalho fez seus estudos desenhando em papel, utilizando representações bidimensionais para representar espaços tridimensionais. Assim, eles trabalham em 2D porque simplesmente aprenderam e pensam assim.

## **5.4. Softwares BIM**

Atualmente podemos destacar os seguintes (em ordem alfabética) softwares como principais soluções BIM:

### **5.4.1. Autodesk Architectural Desktop (ADT)**

Esse software forneceu uma aproximação transitória para o BIM, como uma etapa intermediária do CAD. ADT cria seu modelo do edifício como uma coleção “loosely-coupled” (imprecisa-unida) dos desenhos, cada uma representando uma parcela do BIM completo. Estes desenhos são agregados através dos vários mecanismos, para a geração das vistas adicionais do edifício, relatórios e cronogramas, como se houvesse um único BIM no centro. Um bom resultado desta aproximação é a complexidade em controlar esta coleção “loosely-coupled” dos desenhos e a oportunidade para erros se o usuário manipular os arquivos individualmente, fora das capacidades de gerenciamento dos desenhos fornecidas no ADT.

### **5.4.2. Autodesk REVIT**

Esse software é o mais conhecido e líder atual de mercado no uso de BIM em projeção arquitetônica (EASTMAN et. al., 2008, p. 57). O

potencial desta aproximação está na habilidade para coordenar todos os elementos do edifício em uma única base central de dados, fornecendo assim aos usuários a habilidade para visualizar imediatamente os resultados de todas as revisões do projeto feitas no modelo e seus reflexos nas vistas associadas (desenhos), bem como para detectar quaisquer edições da coordenação. REVIT é um modelo de dados patenteado que, atualmente não suporta a importação/exportação no formato IFC<sup>11</sup> (Industry Foundation Classes), embora o suporte IFC seja prometido para o futuro. Para os desenvolvedores do software, os links (ligações) de ODBC - Open Data Base Connectivity fornecem o acesso limitado à informação do modelo do edifício e na versão mais recente foi fornecida uma interface de programação limitada.

#### **5.4.3. Bentley Architecture**

Os Sistemas Bentley interpretam BIM diferentemente como um modelo de projeção integrada que compreende uma família dos módulos de aplicação que incluem a Bentley Architecture (que ainda é vendida com seu nome original de Microstation Triforma), Bentley Structures, Bentley HVAC, etc. Bentley descreve esta aproximação como caminho evolucionário que permite que os usuários de Microstation façam a migração de seus trabalhos executados originalmente em CAD. O acesso aos dados do projeto é feito somente com os formatos de arquivos DWG e IFC. Entretanto, os mais elevados níveis de interoperabilidade somente são conseguidos quando é utilizada em um projeto a família inteira de produtos de Bentley.

#### **5.4.4. ArchiCAD**

O aplicativo da Graphisoft para o sistema BIM está criando um “Virtual Building Model” - VBM (Modelo Virtual do Edifício), que no ArchiCAD é

---

<sup>11</sup> O modelo de dados IFC - Industry Foundation Classes é um formato de arquivo “object oriented” com um modelo de dados desenvolvido pela AIA - International Alliance for Interoperability para facilitar a interoperabilidade na indústria da construção civil, e é um formato neutro e aberto comumente usado para BIM - Building Information Modeling (EASTMAN et al. 2008, p. 65 a 71).

visto como uma das muitas aplicações complementares que orbitam um modelo virtual do edifício, vista melhor como o depósito central para o modelo inteiro. Além de o ArchiCAD ser concebido como um sistema de BIM concebido há mais de 20 anos atrás, a Graphisoft está trabalhando com um consórcio para desenvolver provedores de modelos baseado em IFC, com tecnologia de EPM, como um depósito do edifício virtual, possivelmente a aproximação técnica mais inovadora no futuro do BIM.

#### **5.4.5. Nemetschek AllPlan**

Esse software fornece outra alternativa com sua aproximação da plataforma BIM. A base de dados AllPlan é “envolvida” pelo layer (camada) Nemetschek Object Interface – NOI (Interface do Objeto Nemetschek) para permitir o projeto da terceira parte e as aplicações analíticas da interface com os objetos do edifício no modelo. Este layer NOI é um API (Application Programming Interface ou Interface de Programação de Aplicativos) publicado que também suporta objetos de IFC. Primeiramente disponível em língua alemã na Europa, esta solução fornece uma aproximação evolucionária da aproximação tradicional da Allplan.

### **5.5. Aplicações reais**

Atualmente o BIM está sendo usado em vários projetos com elevada importância internacional. Estas aplicações reais servem como exemplos proeminentes das potencialidades de BIM e ao mesmo tempo demonstram algumas de limitações inerentes a esta tecnologia.

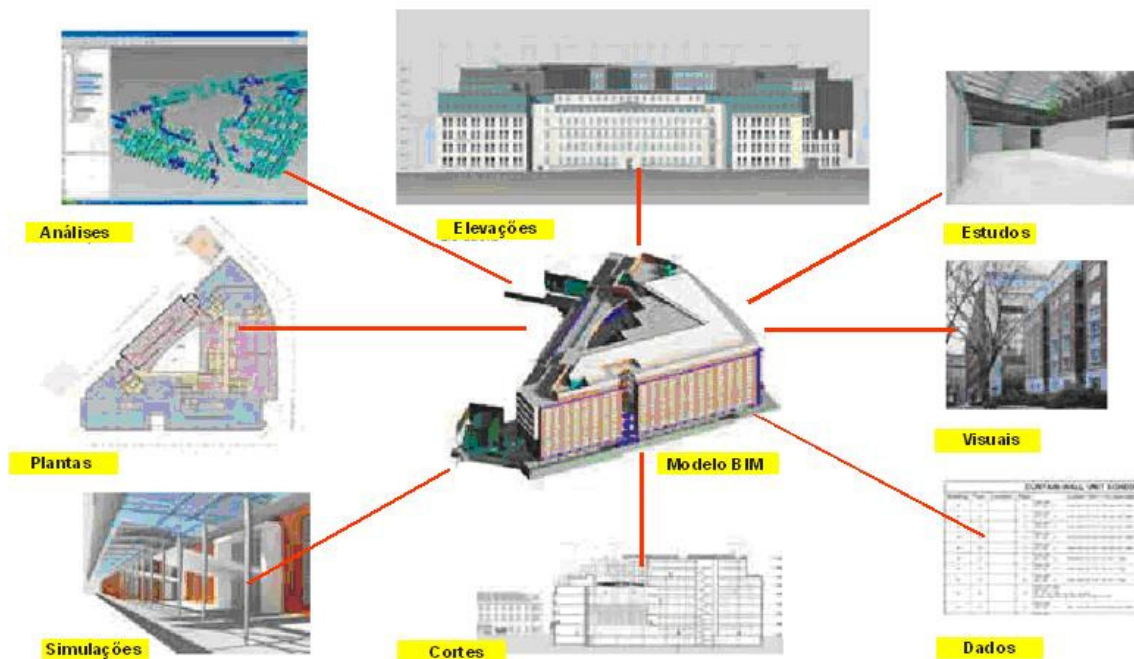
Autodesk REVIT está sendo usado extensivamente na Torre da Liberdade, em Nova York (Fig. 5-5). Considerando a alta visibilidade e o exigente cronograma de um projeto tão grande e complexo, a Skidmore Owings Merrill - SOM utilizou uma aproximação de BIM para o desenvolvimento do projeto, em uma aposta um tanto corajosa, mas o único modo realista de entregar o projeto dentro de suas exigências únicas.



**Figura 5-5** - Projeto da Torre da Liberdade, com AutoDesk REVIT.

**Fonte:** Disponível em: <<http://www.designbuild-network.com/projects/freedom-tower/>>. Acesso em: 20/11/2007.

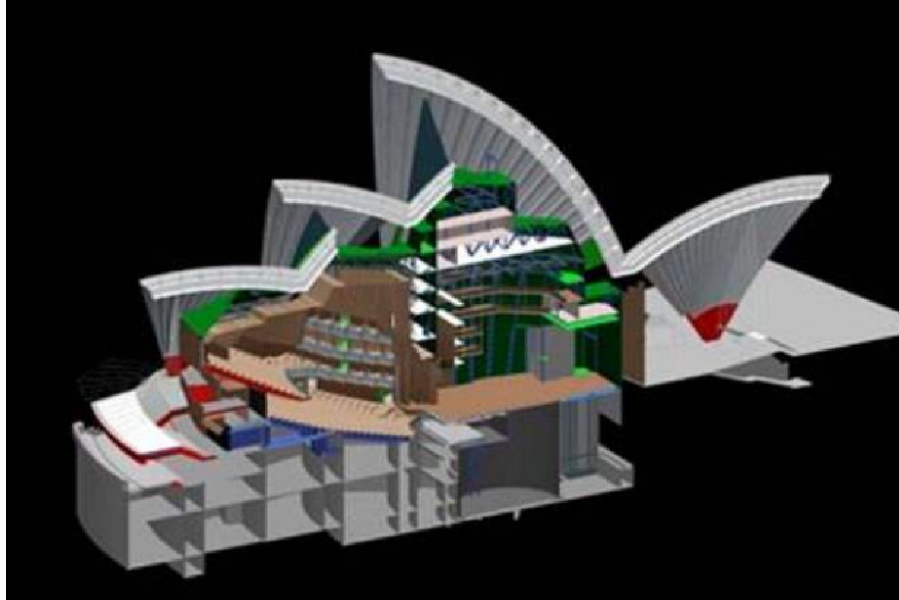
Os projetos do Hospital The Royal London (Fig. 5-6) e do Hospital St. Bartholomew estão sendo desenvolvidos pelo escritório HOK, de Londres, com o Architectural Desktop - ADT, da Autodesk, usando uma aproximação de BIM.



**Figura 5-6** - Produtos do Modelo do Hospital “The Royal London”, com o software ADT.

**Fonte:** Disponível em: <<http://bim.arch.gatech.edu/data/reference/hok.pdf>>. Acesso em 20/11/2007.

A arquitetura de Bentley e as estruturas de Bentley estão sendo usadas para capturar circunstâncias existentes e facilitar a renovação e o “retrofit” acústico da Casa de Ópera de Sydney (Fig. 5-7).



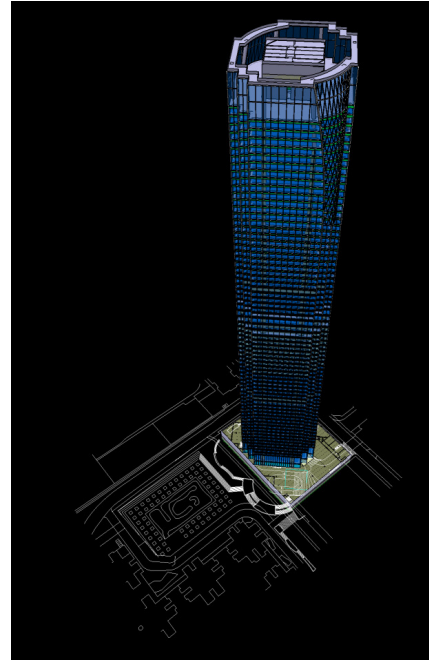
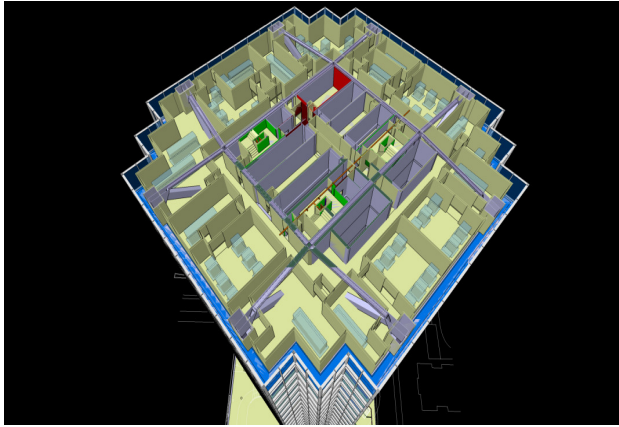
**Figura 5-7** - Projeto de renovação da “Sydney Opera House”, com sistema Bentley.

**Fonte:** Disponível em: <<http://www.bentley.com/en-GB/Products/Bentley+Architecture/Project+Gallery/Image+gallery+JPW-SOH1.htm>>. Acesso em: 20/11/2007.

As soluções multidisciplinares BIM da Bentley também está começando a ser usada na renovação do Pentágono;

O projeto da Torre de Eureka, em Melbourne, Austrália foi realizado usando ArchiCAD, da Graphisoft.

No projeto da licitação do Hong Kong Tower (Fig. 5-8), o modelo BIM apresenta diferentes sistemas, materiais e responsabilidades dos empreiteiros (Gehry Technologies).



**Figura 5-8** - Projeto da “Hong Kong Tower”, desenvolvido pelo escritório Gehry Technologies.

**Fonte:** Disponível em:< [www.gehrytechnologies.com/](http://www.gehrytechnologies.com/)>. Acesso em: 20/11/2007.

Entre as instituições públicas e privadas que vem explorando os sistemas BIM, destacam-se: GSA, Disney e Intel.

Segundo EASTMAN et al., em 2007, 25% dos escritórios de arquitetura dos Estados Unidos já usavam ferramentas BIM para “modelagem inteligente” (não simplesmente para a geração de 2D desenhos e visualizações). Ele ainda estima que em 2012, 60 a 70% dos escritórios estarão trabalhando totalmente em projetos com BIM (EASTMAN et al. 2008, p. 289 e 292).

O aumento deste crescimento econômico na China está a produzir um intenso ambiente de pressão e competição nos Arquitetos Chineses, levando à adoção, por parte destes, de novas tecnologias de desenho, como aplicações de BIM em detrimento das tradicionais ferramentas baseadas em AutoCAD 2D, dando-lhes uma vantagem competitiva no frenético mercado da construção.

Na edição de Março de 2004 da Architectural Record, registrou-se que a China estava a gastar mais de 375 bilhões de dólares por ano em

construção (16% em habitação) consumindo mais de 55% de concreto, 36% de aço e 30% de carvão de toda a produção mundial. O Ministério de Obras Públicas estima que a China vá dobrar o número de construções em 2020 e que nos próximos 10 anos, aproximadamente metade das construções mundiais, sejam realizadas na China.

Assim, os grandes escritórios chineses multidisciplinares de arquitetura como Wuhan Architectural Design Institute – WADI, e Shenyang Municipal Architectural Design Institute – SMADI, já incorporaram a tecnologia BIM no desenvolvimento de seus recentes projetos.

## 5.6. Tendências

Como BIM é um tema em constante desenvolvimento, verificam-se as seguintes tendências em relação à prática de projeto:

- a) Projetação em 3D;
- b) Gasto de mais tempo com o projeto e menos com a documentação (Fig. 5-9);



**Figura 5-9** - Geração de documentação na tecnologia BIM

**Fonte:** Disponível em: <[http://www.ycon.com.br/artigo\\_27\\_master.htm](http://www.ycon.com.br/artigo_27_master.htm)>. Acesso em: 20/11/2007.

- c) Intensificação na colaboração: modelos BIM contêm informação suprida e necessária por todos os participantes de um projeto;
- d) Grande envolvimento dos arquitetos em todas as fases do projeto: grande acesso e segurança de informações permitem modelar (simular) as várias fases do projeto com segurança;
- e) A concepção passa a ser novamente prioridade e não apenas o desenho.
- f) Os arquitetos passam a ser vistos provedores e gerentes de informação.
- g) Atuação durante todo o ciclo de vida de um edifício.

Além disso, são verificadas as seguintes tendências em relação à educação profissional:

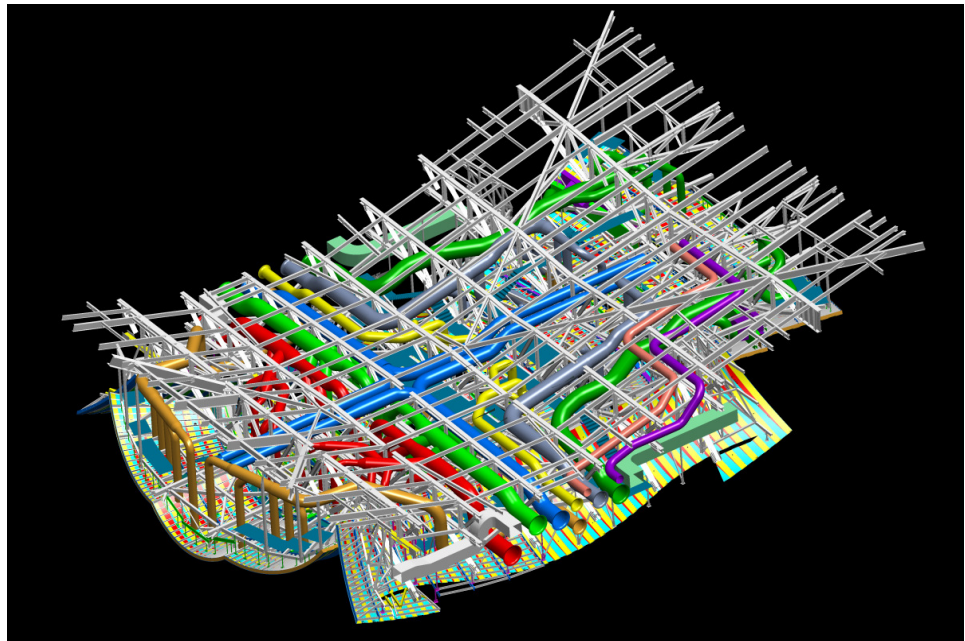
- a) Necessidade de promover o pensamento 3D;
- b) Potencial para a maior integração entre diferentes disciplinas e matérias;
- c) Necessidade para uma maior compreensão da construção pelos estudantes;
- d) Necessidade de ensinar a cultura da colaboração;
- e) Necessidade de ensinar as ferramentas BIM.

## **5.7. Limitações e problemas**

Apesar do relato de excelentes experiências práticas de sucesso, a tecnologia BIM ainda apresenta algumas limitações e problemas, como:



- a) O tamanho e a complexidade (Fig. 5-10) dos arquivos criados pelos sistemas BIM;



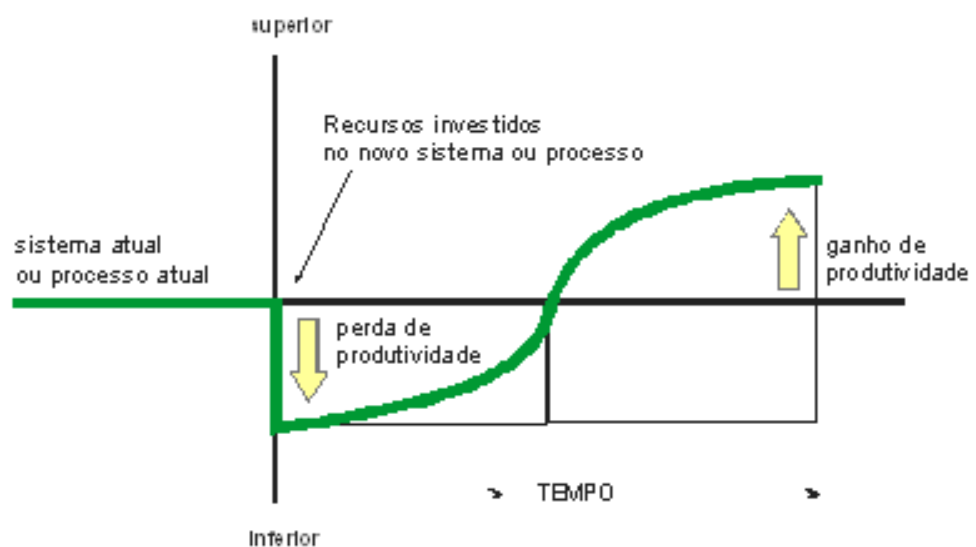
**Figura 5-10** - A complexidade dos modelos BIM

**Fonte:** Disponível em: < <http://serialconsign.com/archive/200801> >. Acesso em: 12/12/2007.

- b) Divisão da complexa informação BIM, como simples arquivos de desenho;
- c) A necessidade de uma gerencia de dados cada vez mais sofisticada;
- d) A expectativa que todos na equipe de projeto adotem um mesmo sistema BIM;
- e) Problemas com a identificação de responsabilidades técnicas e direitos autorais projetos desenvolvidos com o sistema BIM, principalmente quanto as alterações executadas no modelo do edifício;
- f) Cultura corporativa: os participantes de processo de construção, como os orçamentistas e gerentes de projeto estão acostumados a executar seus trabalhos de uma forma própria,

e podem não confiar nos dados de um modelo de edifício. Podendo assim não haver colaboração até mesmo entre membros de uma mesma companhia.

- g) Ausência de padrão: Os problemas podem surgir na criação de modelos quando os padrões para criá-los não são forçados.
- h) Custos do armazenamento de dados: Os custos podem subir rapidamente com o aumento da colaboração, especialmente com as exigências reguladoras para o salvamento de dados.
- i) Custo, tempo e complexidade para implementação (Fig. 5-11) de um sistema BIM dentro de uma organização pública ou privada já organizada.



**Figura 5-11** - Gráfico de implementação dos sistemas BIM.

**Fonte:** Disponível em: < <http://images.google.com.br/>>. Acesso em: 12/12/2007.

- j) As aproximações tradicionais para dividir a informação do projeto pela troca de arquivos usando os formatos como .dxf, .dwf, .dwg e .pdf não transferem os níveis apropriados de inteligência do objeto de um modelo para outro;

k) A interoperabilidade (compartilhamento da informação entre estes modelos diferentes) é prioritário e crítico no sucesso dos sistemas BIM porque nenhuma aplicação sozinha pode cuidar de todas as tarefas requeridas em um projeto de edifício. Os principais desenvolvedores de software apóiam o formato de compartilhamento IFC, com graus variados de entusiasmo, mas indicando que a IFC é o denominador comum mais barato para a troca de dados, mas que não resolverá todos os problemas. Percebe-se que os vendedores não querem a interoperabilidade, pois eles querem vender mais softwares.

## 6. PARAMETRIZAÇÃO

A restrição para o desenvolvimento de um estudo mais amplo sobre o assunto, comentada anteriormente, exigiu uma análise aprofundada para a identificação de um tema mais focal, adequado ao tempo disponível neste programa de Mestrado.

Assim, na análise e discussão exaustiva do assunto foi possível identificar dentro da complexidade dos sistemas BIM, a parametrização como uma das mais importantes características que vem diferenciando tecnologicamente os modernos softwares CADD arquitetural.

O destaque da parametrização evidencia-se melhor na referência que vários autores vem utilizando para atualmente classificar os softwares CADD arquitetural:

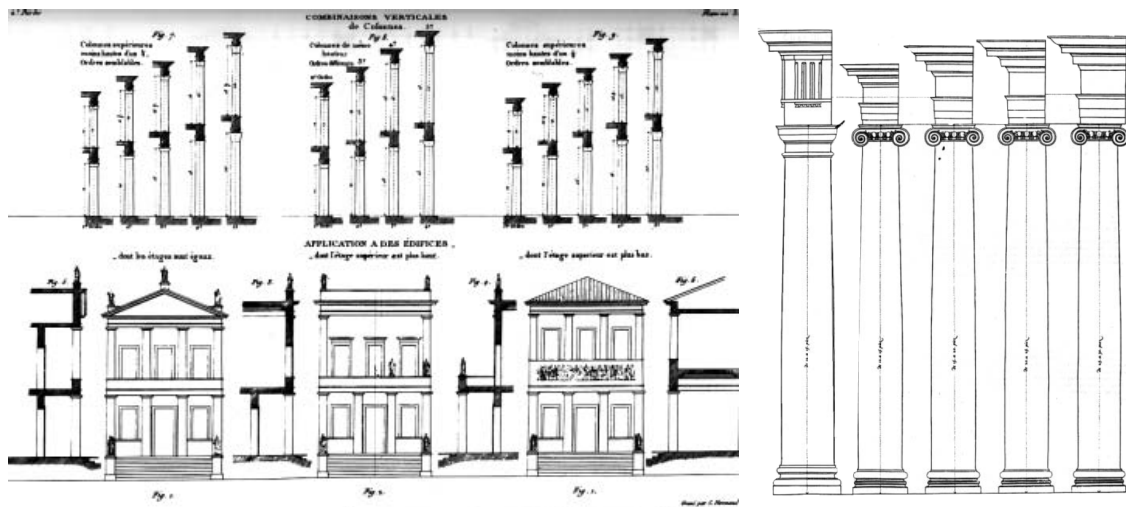
- a) SACKS divide os sistemas CAD em dois tipos básicos: paramétricos e não paramétricos (SACKS, 2003, s.pg);
- b) JUSTI compara os softwares CAD em: não paramétrico (AutoCAD), semi-paramétrico (ADT) e completamente paramétrico (Revit) (JUSTI, 2007, p. 06).

### 6.1. Conceituações gerais

Segundo o dicionário Aurélio, o termo “parâmetro” é definido como:

1. Mat. Variável ou constante à qual, numa relação determinada ou numa questão específica, se atribui um papel particular e distinto do das outras variáveis ou constantes.
2. Mat. P. ext. Todo elemento cuja variação de valor modifica a solução de um problema sem lhe modificar a natureza.

A idéia da variação paramétrica já existe há muito tempo. A investigação da grande arquitetura renascentista, por exemplo, freqüentemente mostra diagramas de elementos clássicos da arquitetura (colunas, arcos, etc.) em que as dimensões não são classificadas com valores fixos, mas com expressões, que definem estes valores como funções de alguma variável importante, tais como o diâmetro da coluna (Fig. 6-1). Assim, atribuindo valores às variáveis independentes, e avaliando as expressões, um projetista poderia construir objetos.



**Figura 6-1** - Variação paramétrica na arquitetura renascentista.

**Fonte:** Disponível em: < <http://images.google.com.br/>>. Acesso em: 22/11/2007.

Dentro dos sistemas CAD, as dimensões e as proporções de um objeto 3D (poliedro, polígono, ou outra estrutura) podem ser fixadas ou definidas por meio de parâmetros. Isto é, os valores da coordenada que definem os vetores podem ser expressos não como constantes numéricas, mas como funções de uma ou mais variáveis. Assim um sistema de equações é associado com a estrutura. As variáveis independentes no sistema são, então, os parâmetros do objeto. Quando os valores são atribuídos aos parâmetros, um tipo particular é especificado.

Nos sistemas CAD, outras propriedades, além dos valores das coordenadas, também podem ser controladas por meio de parâmetros. A cor de um objeto pode ser especificada pelos valores numéricos do tom, da

saturação e do brilho, e estes podem ser expressos como funções da descrição da cor de algum outro objeto. O número dos elementos que compreendem um elemento repetitivo também pode ser controlado parametricamente, como por exemplo: a disposição de escadas, o número dos montantes de uma janela, o número das janelas em uma fachada, ou o número de colunas em uma área.

Segundo JUSTI (2007), a parametrização de objetos 3D é o que vem permitindo a flexibilidade dos novos softwares. Isso se dá pelo fato de se aceitar ligar (link) informações a um objeto, para aparecer futuramente em um formulário a ser preenchido pelo usuário. Com isso, é gerado um super banco de dados por trás do projeto, identificando cada um dos objetos, seus materiais e tamanhos, que podem ser alterados pelos formulários. Exemplo: na criação de uma porta, pode-se parametrizar a largura, a altura, o alisar, etc., que podem ser alterados diretamente no projeto (JUSTI, 2007, p. 05).

Um interessante ponto que merece ser destacado é que não existe uma dependência direta entre a parametrização e a tridimensionalidade, assim seria plenamente possível o desenvolvimento de sistemas paramétricos bidimensionais, mas certamente eles seriam bem mais “pobres” em informações e parâmetros, e não responderiam as demandas propostas pela tecnologia BIM.

A partir destes conceitos é possível buscar o entendimento de outras definições mais complexas como:

- a) Associação Paramétrica (parametric associativity) é definida como uma relação entre duas ou mais entidades que é gravada na Base de Dados, de modo que o relacionamento possa ser modificado parametricamente. (HOLTZ, 1997)
- b) Parametricidade (parametric) é a habilidade para fazer mudanças em um desenho ou modelo, enquanto mantém a intenção do projeto original. Assim, quando uma alteração é feita em um banco de dados paramétrico, todas as mudanças que devem ser feitas para guardar a intenção específica do

projeto, são feitas automaticamente, quando a base de dados é regenerada. (HOLTZ, 1997)

Segundo HOLTZ (1997), as capacidades paramétricas são baseadas em como o desenho ou modelo original é construído, e em como as entidades estão relacionadas.

## 6.2. Objetos paramétricos

O conceito de objetos paramétricos é central à compreensão de BIM e suas diferenças em relação aos objetos 2D tradicionais. Objetos paramétricos BIM são definidos da seguinte forma (EASTMAN et al., 2008, p. 14):

- a) consistem de definições geométricas e, dados e regras associados;
- b) a geometria é integrada sem redundância, e não permite inconsistências;
- c) as regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associados quando inseridos em um modelo do edifício ou quando alterações são feitas para associar objetos;
- d) os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, assim pode-se definir uma parede por meio de seus componentes relacionados. Os objetos podem ser definidos e geridos por vários níveis hierárquicos;
- e) as regras dos objetos podem identificar quando uma mudança particular viola as características do objeto a respeito do tamanho, fabricação, etc.

- f) Os objetos têm a capacidade de “linkar” (ligar digitalmente), de receber, de transmitir ou de exportar um conjunto dos atributos, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, etc. para outras aplicações e modelos.

As tecnologias que permitem aos usuários produzir modelos do edifício, baseados em objetos paramétricos, são consideradas ferramentas BIM (EASTMAN et al., 2008, p. 14).

### **6.3. Modelagem sólida paramétrica**

A modelagem paramétrica foi inicialmente desenvolvida como uma solução para a reutilização de projetos existentes. As primeiras soluções, chamadas de Modelagem de Dimensões Dirigidas, tinham apenas a função de adicionar um objeto com “dimensão” explícita, como um “parâmetro definido pelo usuário” e também como uma “restrição geométrica” ao mesmo tempo.

Assim, Modelagem Sólida Paramétrica vem se tornando um termo muito discutido nos campos da engenharia e arquitetura, e está realmente relacionado a uma maneira de definir objetos em um mundo 3D:

- a) Em um clássico ambiente 3D os objetos são definidos por seus componentes: por exemplo, um cubo pode ser definido por um grupo de 8 vértices. Cada um destes vértices tem uma posição (x, y, z). A única maneira editar um objeto neste ambiente seria editando os seus componentes, neste caso movendo alguns vértices;
- b) Em um típico modelador paramétrico, este mesmo cubo, por exemplo, poderia ser definido por sua posição (x, y, z), por um parâmetro de "largura", por um parâmetro de "comprimento" e por um parâmetro de "altura". Isto permitiria que, mais tarde este cubo pudesse ser facilmente modificado.



Na verdade o grande diferencial da modelagem paramétrica é naturalmente a habilidade de criar seus próprios tipos de objeto, atribuindo-lhes os parâmetros que forem necessários. Por exemplo, um objeto porta poderia ser criado, dando-lhe parâmetros de "largura", "espessura", "tipo" e "ângulo abertura", obtendo assim um tipo de bloco de porta que poderia ser usado em qualquer parte do modelo do edifício, sendo que os valores dos parâmetros poderiam ser diferentes em cada.

Os atuais softwares de modelagem paramétrica utilizados na projeção arquitetônica têm abordagens diferentes para criar seus próprios objetos paramétricos: o Archicad usa um tipo de linguagem de scripting, em que o usuário define os parâmetros e a geometria de seu objeto; no Revit o usuário faz tudo graficamente; as novas versões do AutoCAD também estão tentando usar objetos paramétricos (até agora somente em 2D), com blocos "inteligentes".

Segundo LEE (2005), os objetos paramétricos são mais e mais compostos de objetos feitos de elementos simples, montados graficamente sobre complicadas estruturas de dados (LEE, 2005, s.pg.).

Com o tempo, a definição e as funções da modelagem sólida paramétrica se expandiram e se tornaram mais elaboradas. As equações numéricas e as expressões informativas (por exemplo, paralela, horizontal e coincidente), assim como valores nominais, puderam ser atribuídas como parâmetros para definir relações entre duas entidades geométricas diferentes.

Segundo HOWELL e BATCHELER, a inclusão de geometria 3D paramétrica, com dimensões variáveis, adiciona "inteligência" para esses objetos, permitindo a representação de geometria complexa e relacionamento funcional entre os elementos do edifício. Neste paradigma, as paredes são objetos que podem ser esticadas, unidas, tem altura, podem ter um tipo de seção transversal específico, e "possuir" propriedades associadas, tais como uma graduação de resistência ao fogo. Similarmente, as portas e janelas são representadas como objetos, capazes de representar seu relacionamento com

as paredes em que elas estão colocadas e comportam-se de acordo. Mais importante, os objetos abstratos, tais como um espaço, podem ser definidos pelos relacionamentos entre os elementos físicos do edifício, ser identificados (por exemplo número de quartos, nome do quartos, etc.), ser descritos (por exemplo área, volume, uso, ocupação, etc.), e ser referenciado (por exemplo listado em uma programação do quarto, contada para o cálculo da área total de piso, etc.). Capturando estes relacionamentos e comportamentos e a riqueza da inteligência não eram possíveis dentro do antigo paradigma do CAD (HOWELL e BATCHELER, 2005, s.pg.).

MONEDERO observa que, muitos defensores desta nova tecnologia pensam que todo o edifício pode ser parametrizado da mesma maneira que uma peça industrial, um carro ou avião, mas na verdade é importante o aprendizado da maneira que estas indústrias controlam características e bases de dados e modelos paramétricos, para que a projeção arquitetônica possa “melhorar” (MONEDERO, 2000, s.pg.).

### **6.3.1. Breve histórico**

No histórico baixo foram identificados alguns eventos que marcaram o desenvolvimento da modelagem sólida paramétrica:

- a) Em 1963 Ivan Sutherland apresenta seu programa Sketchpad, e é creditado como o criador da Computação Gráfica.
- b) Em 1972 o primeiro programa de modelagem sólida 3D, Syntha Vision da MAGI (Mathematics Application Group Inc.) foi liberado, não como software CAD mas como um programa de análise de performance 3D de exposição de radiação nuclear.
- c) Em 1975 a empresa aeroespacial francesa, Avions Marcel Dassault, adquiriu a licença do CADAM e em 1977 começou a desenvolver um programa de software CAD chamado CATIA,

que usava pela primeira vez restrições geométricas na definição de peças.

- d) A década de 80 se destaca pelo início da adoção de softwares comerciais pelas grandes empresas, como a Boeing, em detrimento dos desenvolvidos com tecnologia própria, e pelo surgimento de diversos softwares CAD paramétricos.
- e) O Pro/Engineer, lançado em 1987, é aceito geralmente como o primeiro sistema de CAD paramétrico comercial. Além de trazer a vantagem de se editar as propriedades dos modelos 3D através de parâmetros, ele se destacava por sua facilidade de uso e principalmente pela velocidade da modelagem de sólidos. Foi também o primeiro software CAD a implementar todos os conceitos apresentados por Ivan Sutherland, com exceção da interação via caneta ótica. As funcionalidades do Pro/Engineer levaram seus concorrentes a desenvolver recursos semelhantes e influenciaram de forma significativa a evolução dos softwares paramétricos.
- f) As pressões pela diminuição de custo e do time to market, na década de 90, fizeram com que o mercado CAD crescesse ainda mais. Essas filosofias ganharam ainda mais força com o sucesso da Boeing em reduzir o tempo de desenvolvimento do avião 777 através da utilização do CATIA, software CAD adotado pela empresa. Dessa maneira, a Boeing conseguiu diminuir substancialmente e de forma segura a quantidade de modelos 3D físicos, geralmente utilizados para avaliar o desenvolvimento do projeto.
- g) Em 1994 já haviam pelos menos sete significantes pacotes de modeladores paramétricos/relacional no mercado.

## 6.4. Características

As seguintes características distinguem os Sistemas de Modelagem Sólida Paramétrica, de outros Sistemas CAD existentes:

- a) os usuários podem criar formas, definir e adicionar novas relações e novas restrições paramétricas aos objetos geométricos através da interface do usuário. A forma criada pode ser manipulada pela mudança dos valores e das relações dos parâmetros definidos pelo usuário;
- b) os usuários podem impor restrições entre diferentes objetos paramétricos (por exemplo, uma parede e uma janela) no sistema;
- c) os parâmetros dos objetos são expostos, de modo que um parâmetro de um objeto possa ser usado para derivar os parâmetros de outros objetos espacialmente relacionados;
- d) as restrições impostas devem ser mantidas automaticamente. As formas são modificadas não somente pela mudança direta de valores de parâmetro explícitos, mas também pelo sistema de manutenção de restrições paramétricas. Em muitos sistemas CAD, os usuários podem criar a geometria usando regras gerais, mas a restrição não é mantida. Estes sistemas não podem ser considerados sistemas CAD de modelagem paramétrica porque elas não mantêm a restrição;
- e) ele deve ser um modelador de sólido 3D;
- f) ele deve ser baseado no objeto e nas características – object-feature-based (diferente da “object-based modeling” e da “object-oriented programming”). Os usuários podem agrupar e definir objetos geométricos (e conjuntos) e também as formas

parciais chamadas de características, e pode descrever relações semânticas (dependências e variações) entre elas;

- g) diferentemente dos softwares CAD, onde os arquivos são separados, nos softwares paramétricos um mesmo arquivo recebe todos os desenhos 2D e 3D, quantitativos, imagens, e muitas informações, que os tornam pesados.

Estas características de modelagem sólida paramétrica fizeram o paradigma atrativo a muitos investigadores e esforços numerosos tem sido devotadas pela indústria e pela academia para melhorar a tecnologia modelagem paramétrica.

#### **6.4.1. Restrições (“constraints”)**

A imposição de restrições é uma importante característica da Modelagem Sólida Paramétrica.

Um problema fundamental no CAD é como explicitar algum conhecimento que intuitivamente os profissionais têm sobre algo, de tal maneira que uma máquina possa interpretá-lo e tratá-lo de uma maneira automática. Do ponto de vista arquitetônico isto seria como saber que, os assoalhos “serão sempre” horizontais, ou que as janelas sempre “pertencerão” a uma parede, e tentar formular este conhecimento de tal maneira que uma máquina não possa violar uma regra tão óbvia. Isto é tratado por meio dos restrições ou confinamentos.

As restrições estão presentes, de uma maneira básica, em todos os sistemas CAD, como em uma simples polyline que pode ser entendida como uma coleção de curvas com vértices confinados para permanecerem juntos. Apesar disso, a noção atual de confinamento está relacionada a um modelo com uma extensa base de dados.

Uma restrição é uma relação que limita o comportamento de uma entidade ou um grupo das entidades. A noção de restrição também implica as noções de grau de liberdade e tolerância.

Os principais tipos de restrições são: as geométricas (paralelismo, perpendicularismo, tangência, dimensionalidade) e as físicas/engenharia (fórmula como a área = a força/pressão).

Uma diferença principal entre os sistemas é a maneira em que as restrições são adicionadas (input) e controladas. Em general, isto impõe algum trabalho extra ao usuário que, além de escolher uma entidade, marcando sua posição e atribuindo algumas dimensões a ela, deve especificar a relação que manterá com outras entidades no modelo.

#### **6.4.2. Famílias**

A Arquitetura tem um grande interesse na Projeção Paramétrica devido ao fato que um número muito importante de elementos do edifício pode ser agrupado em famílias, que tendem espontaneamente a serem parametrizadas. E, se isto puder ser feito de uma maneira satisfatória pode-se economizar muito tempo e memória de computador, ajudando também a gerência destes elementos.

A organização dos objetos em famílias também é um elemento chave dos projetos na Modelagem Sólida Paramétrica. Com elas podem-se criar objetos separados por categorias e usá-los quando se precisar. As famílias possuem diversas informações tornando cada objeto inteligente, podendo ser parametrizadas para melhorar a flexibilidade de tamanhos e quantidades. Cada família assume dados específicos que vão da cor, tamanho, espessura, altura, material, etc., até a distância entre níveis, custo, fabricante, modelo, etc.

No Projeto Paramétrico a noção da família é importante e pode ser definida formalmente como: um conjunto de elementos que diferem somente na

dimensão de suas partes. Para descrever uma família ou para elaborar um projeto preliminar de uma família, são necessárias somente duas coisas: uma descrição topológica que especifique as peças que as constituam e as relações que elas mantêm uma com as outras; e um esquema dimensional que especifique prioridades e confinamentos dimensionais.

### **6.4.3. Parametrização de objetos 3D**

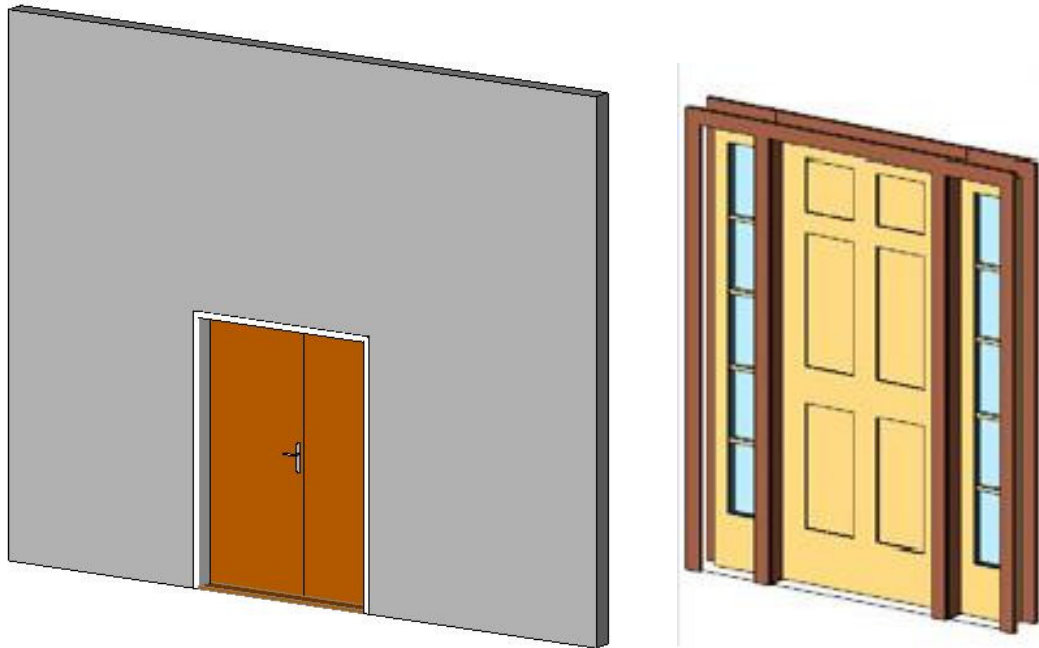
Os aspectos relativos à parametrização, apresentados acima, podem ser melhor compreendidos quando visualizamos sua aplicação prática. Assim, diante dos diferentes elementos dos projetos arquitetônicos escolhemos as portas para exemplificar o processo de parametrização de objetos 3D.

As portas são objetos sempre presentes, em quantidade e diversidade, na quase totalidade dos projetos arquitetônicos. Assim, a sistematização dos principais tipos de porta utilizados nos projetos pode contribuir diretamente para uma significativa redução do trabalho braçal dos projetistas, sem tolher sua liberdade para criar facilmente outros modelos.

A diferença entre blocos e famílias é um aspecto que merece ser esclarecido neste momento. Assim, em um ambiente tipicamente CAD (softwares não-paramétricos) pode-se criar cada porta como um bloco, sendo que cada um desses blocos serão elementos separados e sem inter-relação (“link”) uns com os outros. Desta forma, dez portas com tamanhos diferentes significariam dez blocos em planta baixa, dez blocos em corte, dez blocos em elevação e dez blocos tridimensionais. Diferentemente, no ambiente BIM (softwares paramétricos) tudo isso poderia ser representado por uma única família, com as visualizações 2D e 3D, e a flexibilidade de modificar facilmente o tamanho, material, e outras características, à qualquer momento.

Nos softwares CADD arquitetônicos paramétricos as portas tem suas informações parametrizadas e são organizadas em famílias, contribuindo assim para o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade

no processo de projeção arquitetônica. As famílias das portas geralmente são divididas por tipo: simples, duplas, sanfonadas, pantográficas, de correr, etc.



**Figura 6-2** - Objeto 3D Porta parametrizado.

**Fonte:** Disponível em: < <http://images.google.com.br/>>. Acesso em: 22/11/2007.

Os objetos 3D porta (Fig. 6-2) têm, entre outras, as seguintes informações parametrizadas (com ou sem restrições):

- a) A largura (width), altura (height), espessura (depth) e material do painel da porta;
- b) O tipo e a direção de abertura: interna ou externa, ou da direita para esquerda, e vice-versa.
- c) As condições de visibilidade da porta no projeto. Assim, em planta baixa a porta aparecerá aberta e com a representação do arco de abertura; e nas fachadas, vistas e 3D a porta aparecerá fechada.

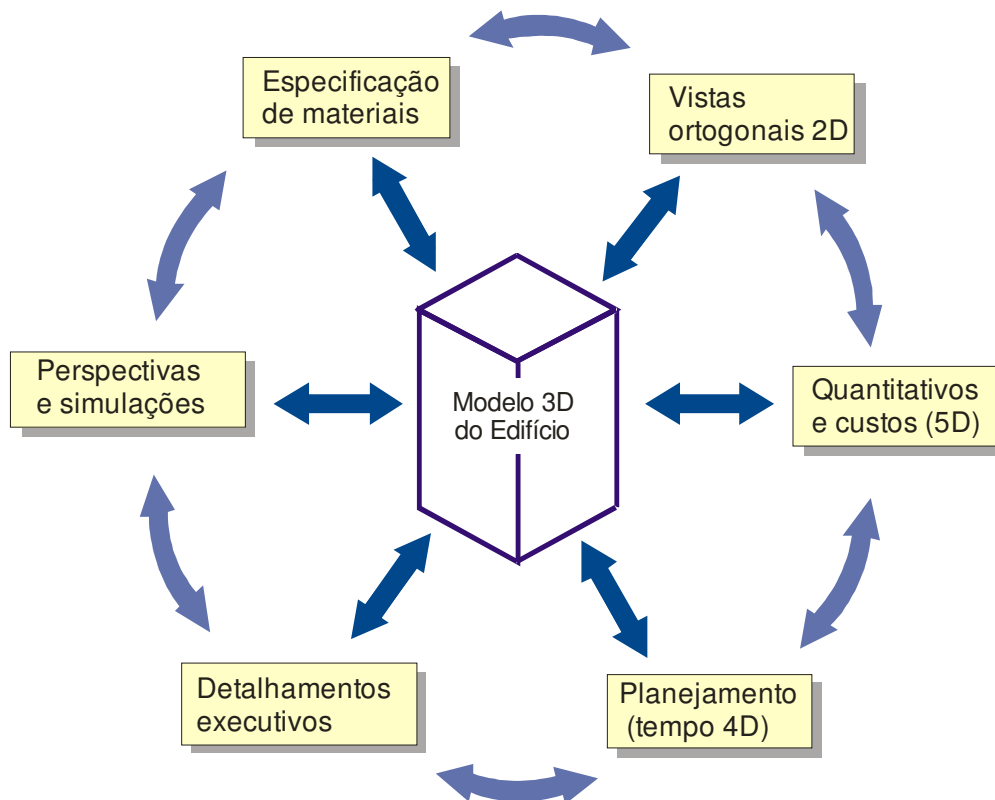


- d) O desenho e material do alisar, da almofada, da maçaneta e do buraco de vidro;
- e) O recorte automático do vão e a associação com a parede em que será inserida;
- f) O recorte automático das paredes em que será inserida;
- g) A indicação do nome e número (P1, P2, etc.) no projeto;
- h) Modelo, marca, custo, detalhes de execução, etc.

Assim, a simples mudança de qualquer um desses parâmetros pode gerar outro tipo ou outra família de portas.

#### **6.4.4. Associatividade bi-direcional**

Junto da parametrização, a associatividade bi-direcional é uma das características mais importantes dos modernos modeladores de sólidos 3D. A associatividade bi-direcional garante a integridade do projeto, assegurando que modificações realizadas em modelos, conjuntos ou desenhos sejam refletidas em todo o projeto (Fig. 6-3). No 2D, a alteração de um detalhe do projeto pode provocar a modificação manual de vários desenhos, dando margens para erros.



**Figura 6-3** – Esquema de representação completa do edifício utilizando o sistema BIM de projeção arquitetônica.

**Fonte:** Elaborado a partir de informações pesquisadas.

A associatividade e a parametrização do CAD 3D fazem com que as alterações em um projeto sejam feitas de maneira rápida e fácil.

## 7. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo serão apresentados e justificados os procedimentos metodológicos que foram utilizados na execução da coleta de “dados de fontes primárias”, isto é, a coleta das informações diretamente junto aos dois conjuntos de usuários escolhidos.

### 7.1. Metodologias de pesquisas similares

A configuração da metodologia dessa pesquisa foi iniciada com a análise dos métodos utilizados por outros pesquisadores em avaliações similares realizadas no Brasil e no exterior.

#### 7.1.1. Pesquisas similares realizadas no Brasil

No Brasil, a experiência de avaliação de sistemas CADD, intitulada: *Universidade Avalia Sistemas para Projetos Arquitetônicos*, foi realizada em 1997, pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Essa pesquisa realizou uma análise comparativa do desempenho de alguns softwares na elaboração dos elementos mais utilizados na projeção arquitetônica, para auxiliar os usuários na escolha de sistemas CAD. Neste estudo da UFSC, utilizou-se uma metodologia de pesquisa de campo em que alguns programas escolhidos (Unicad/Cadbra V6.6; Data CAD, CAD32 S24; AutoBuilder; e Arqui\_3D para AutoCAD R.13) executaram vinte tarefas representadas pelos elementos mais usuais, apresentados em visualizações 2D e 3D. Ao longo desta avaliação foram verificados os aspectos de: precisão, interface, metodologia de resolução da tarefa, tempo, e facilidade de uso e linguagem dos softwares. Segundo o autor da pesquisa, MARIM, as tarefas, que deveriam ser usadas para somente verificar o que cada software escolhido poderia ou não realizar, acabaram por determinar qual o grau de automação em que elas poderiam ser concretizadas (MARIM, 1997).

Outra experiência realizada no Brasil foi a Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, de 1999, intitulada: *Avaliação de Programas CAD no Setor de Projeto Arquitetônico: Etapas Legais de Projeto*. Esta pesquisa de LUCCA (1999), abordou o processo de implantação da tecnologia CAD no país, identificando as necessidades da produção do projeto arquitetônico para estabelecer critérios mínimos a serem utilizados pelo arquiteto na escolha de seu próprio programa CADD arquitetônico.

### **7.1.2. Pesquisa similar realizada no Exterior**

No exterior, a avaliação de programas CADD arquitetônicos, denominada: *“Designers 3D CAD Shootout for Architectural CADD Systems”*, foi a que obteve maior destaque e reconhecimento pela sua dimensão, utilidade e seriedade, por parte da imprensa especializada, dos desenvolvedores de programas e dos arquitetos. Competições anuais ocorreram no período entre 1996 e 2003. Nestes eventos, a equipe “oficial” de peritos, de cada uma das grandes empresas dos softwares participantes tinham que desenvolver, em apenas três horas, um projeto completo (padrão pré-definido), na frente de uma audiência de mais de uma centena de arquitetos e demais observadores pela Internet. Durante a prova os juízes especializados acompanhavam a execução dos trabalhos das equipes, verificando aproximadamente vinte itens sobre os recursos dos programas. Ao final da competição os juízes votavam em todas as categorias estabelecidas e os membros da audiência também votavam, juntamente com os observadores via Internet, somente na categoria de melhor software CADD arquitetônico.

Na quarta edição desse evento, realizada em 1999, por exemplo, foram estabelecidas treze categorias para avaliação, sendo elas: planta baixa, elevações e cortes, perspectivas coloridas, renderizações, animações, modelagem 3D, construção de detalhes 2D, projeto completo, colaboração pela rede, utilidade (“value”), facilidade de usar e modelagem inteligente. O grande destaque desta edição foi a categoria de funções

paramétricas para arquitetos, que media o quanto os projetistas de programas adaptaram o software às necessidades especiais dos arquitetos.

Nesta edição também foram realizadas seis pequenas “intervenções” no trabalho das equipes, de dois minutos cada, dentro das quais os juízes solicitaram que fossem produzidos ou alterados objetos específicos, com o objetivo de detectar as capacidades reais e gerais dos programas para aproveitar partes já criadas, bem como observar suas maiores qualidades, entre elas: projetos amplamente colaborativos; características especiais; paramétricas – paredes / janelas / portas; bibliotecas de símbolos e símbolos inteligentes; escada, rampas e elevadores; e projeto de telhados.

Destacou-se a categoria de intervenção paramétrica, que media o quão bem e facilmente o programa permitia mudanças de projeto, diferenciando assim os CAD genéricos para engenharia dos CADD específicos para arquitetura. Nesta edição do evento todas as equipes utilizaram programas baseados no novo método de gerar paredes paramétricas inteligentes. Nesta intervenção as equipes deveriam redesenhar automaticamente as paredes, transformando portas simples em duplas, e janelas de um tipo em outro. A diferença entre os pacotes concentrou-se na necessidade de entrar com mais dados para a realização das mudanças de portas/ janelas.

Também se destacou a categoria de intervenção de bibliotecas de símbolos e símbolos inteligentes, tendo em vista o livro “Architectural CADD: a Resource Guide” que cita a grande vantagem em produtividade alcançada com uma bem organizada biblioteca de símbolos. Adicionalmente, muitos pacotes de programas para CADD arquitetônico são complementados com mais e mais inteligência paramétrica arquitetural para utilizar símbolos e bibliotecas “inteligentes” e paramétricas. Uma biblioteca de símbolos pode ajustar os números dos tamanhos padrão e anexá-los a uma parede ou a uma porta. Nesta intervenção foi solicitado a cada equipe que anexasse um modelo 3D DXF das suas bibliotecas no desenho, enquanto descreviam outros aspectos de suas bibliotecas e o que elas incluíam.

## 7.2. Restrições gerais da pesquisa

Outro importante aspecto que influenciou a configuração da metodologia desta pesquisa foi a identificação das limitações gerais relacionadas à sua execução prática, tais como:

- a) A exigüidade do prazo fixado pelo programa de Mestrado;
- b) A indisponibilidade de recursos computacionais, principalmente em relação às licenças para a utilização dos softwares na pesquisa;
- c) A indisponibilidade de tempo dos profissionais para participar de uma pesquisa acadêmica;
- d) O universo limitado de profissionais com domínio e experiência nos softwares paramétricos, em função da atualidade da tecnologia;
- e) As especificidades do universo de Brasília para a seleção da amostra da pesquisa;
- f) A indisponibilidade de recursos financeiros para investimento na pesquisa;

## 7.3. Justificativa da metodologia de pesquisa

Diante do escopo da pesquisa, e em função da análise das avaliações similares e restrições executivas, a seguir, buscou-se a identificação da abordagem mais vantajosa<sup>12</sup> para o desenvolvimento desta pesquisa.

---

<sup>12</sup> Vantajosa do ponto de vista da eficácia e eficiência do trabalho.

### 7.3.1. Análise dos dados coletados

Nos experimentos organizados por Cross, Christian e Durst para o Seminário Delft, sobre Análise de Protocolo, realizado em 1994, na Holanda, foi solicitado que voluntários solucionassem problemas projetuais em condições previamente planejadas e que pensassem alto para que suas verbalizações fossem registradas em fita magnética. Os materiais produzidos, assim como a filmagem do período de projeção, foram objeto de posterior análise (CROSS, 1996 apud NAVEIRO et al., 1999, s.pg.).

A palavra protocolo vem do grego “protókollon“, a primeira folha colada aos rolos de papiro, e no qual se escrevia um resumo do conteúdo do manuscrito. Hoje significa registro de atos, de audiências, de conferências, assim como formalidade e cerimonial. Análise de protocolo como técnica de pesquisa de aproximação com a realidade, portanto, é o exame detalhado de registros, mas tem sido utilizado principalmente enfatizando a linguagem verbal, pois se baseia na verbalização simultânea ou retrospectiva dos processos mentais.

Na verbalização retrospectiva, a pessoa descreve o que estava pensando quando operou determinada ação. Na verbalização simultânea solicita-se que a pessoa pense alto à medida que age. Espera-se com isso que pelo menos algumas das habilidades cognitivas dos sujeitos observados possam ser observadas. Acredita-se que a maneira mais direta de se conhecer o processo mental de alguém é perguntar diretamente a esta pessoa o que ela está pensando. Entretanto, nem sempre se pode ter clareza sobre esse processo mental e principalmente se pode ter dificuldade em verbalizá-lo.

A análise de protocolo tem limitações em capturar o pensamento não-verbal que se dá no processo da projeção, que, por outro lado, pode ser apreendido através dos esboços de desenho de projeto. Mas a mesma inabilidade que se pode ter em verbalizar pensamentos durante ou após o processo mental de projeção também pode ocorrer com relação ao

desenho. Ainda assim, as habilidades cognitivas dos sujeitos observados podem ser identificadas através da dinâmica do esboçar, da composição, síntese, coerência, hierarquia, e integração com a própria linguagem verbal através de uso de textos em conjunto com imagens.

Como se pode perceber, devido ao grande número de informações para análise é impossível manter todos os fatores sob controle. Mesmo assim, a adoção da análise de protocolo como uma técnica de pesquisa é um esforço da parte de estudiosos de metodologias projetuais para chegar a uma forma mais rigorosa para sua pesquisa empírica. Esta técnica está sendo vista, por estudiosos como John GERO (1998), como uma ferramenta para entender ou explicar o processo projeção.

Existem vários tipos de procedimentos de verbalização, sendo o único aspecto comum entre eles as respostas orais a uma instrução ou a um probe. Um dos métodos mais diretos e amplamente usados para obter informações de sujeitos é instruí-los a "Think aloud" ou a "Talk aloud".

Especialmente, nesses últimos anos, esse método experimental tem sido usado na Psicologia Cognitiva para estudar os processos mentais que ocorrem durante a solução de problemas.

INGWERSEN (1982)<sup>13</sup> acredita que a técnica do "pensar alto" usando gravação e análise de protocolos tem um número de vantagens sobre a introspecção sistemática. O "pensar alto" minimiza o perigo de confusão entre conhecimentos passado e presente. Isso não significa que seja necessário estar limitado a tarefas de curta duração, podendo essa técnica também avaliar tarefas altamente complexas. Considera alguns problemas com a técnica, como o fato dessa requerer que os sujeitos verbalizem seus pensamentos, por ocasionar uma mudança em seus processos mentais. A interpretação de protocolos verbais é considerada problemática e, para prevenir problemas, o

---

<sup>13</sup> Conforme <<http://www.gercinalima.com/mhtx/pages/prototipo-btdeci/teses/naves-mml/cap-6--metodologia.php>>. Acesso em 10/12/2007.



"pensar alto" tem sido suplementado pela "observação" do comportamento e ações dos sujeitos pesquisados. Na solução desses tipos de problemas, o autor acha que sejam necessárias diversas séries de treinamento antes que as gravações sejam iniciadas. Dessa forma, os sujeitos se familiarizam com a técnica de verbalizar seus pensamentos, podendo também reduzir as pausas que possam ocorrer.

### **7.3.2. Formulário**

De acordo com GIL (2002), na coleta de dados podem ser usadas as "técnicas de interrogação: questionário, entrevista e formulário. Por questionário entende-se um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado. Entrevista, por sua vez, pode ser entendida como a técnica que envolve duas pessoas numa situação "face a face" e em que uma delas formula questões e a outra responde. Formulário, por fim, pode ser definido como a técnica de coleta de dados em que o pesquisador formula questões previamente elaboradas e anota as respostas (GIL, 2002, p. 114-115).

Qualquer que seja o instrumento utilizado convém lembrar que as técnicas de interrogação possibilitam a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados. Assim, essas técnicas mostram-se bastante úteis para a obtenção de informações acerca do que a pessoa "sabe, crê ou espera, sente ou deseja, pretende fazer, faz ou fez, bem como a respeito de suas explicações ou razões para quaisquer das coisas precedentes" (SELLTIZ, 1967, p. 273).

### **7.4. Coleta de dados da fonte primária**

Baseado no escopo do trabalho e no método de pesquisa adotado passou-se para a fase de descrição, especificação e detalhamento dos

procedimentos metodológicos específicos para a coleta de dados da fonte primária, ou melhor, da pesquisa em si.

#### **7.4.1. Estruturação do método de pesquisa**

Diante do exposto, definiu-se que a pesquisa seria baseada na análise comparativa do processo de projeção arquitetônica com (caso 1) usuários de softwares não-paramétricos e (caso 2) usuários de softwares paramétricos.

A coleta de dados seria realizada por meio de um experimento individual padrão com os usuários dos softwares selecionados.

O experimento padrão abrangeria a execução de uma tarefa padrão, utilizando o software, que pudesse reproduzir as situações cotidianas da atividade de projeção dos arquitetos.

A tarefa padrão seria resumida ao desenvolvimento de um projeto arquitetônico padrão.

O pesquisador acompanharia a execução da tarefa padrão, registrando de maneira formal as respostas e observações dos participantes, a respeito de questionamentos formulados num planejamento prévio.

#### **7.4.2. Limitações específicas do levantamento de dados**

Relacionamos os seguintes aspectos que visavam adequar a estrutura da pesquisa às limitações gerais apresentadas anteriormente (item 7.2), de maneira a viabilizar a execução do trabalho:

- a) O tempo máximo de execução total de cada experimento individual deveria variar em torno de 1 (uma) hora e meia, tendo em vista a disponibilidade de tempo apresentada pela maioria

- dos usuários previamente consultados para a participação voluntária na execução dessa pesquisa;
- b) A indisponibilidade de licenças recursos computacionais, inviabilizaria a realização de todos os experimentos em um único computador ou em computadores com plataformas (hardware, memórias, periféricos, etc.) similares, tendo em vista as dificuldades de instalação das licenças dos softwares, da adaptação dos usuários a diferentes condições de trabalho (computador, configurações, acessórios, ambiente físico, etc.) e da disponibilidade dos participantes em deslocar-se para um mesmo local. Sendo assim, a realização dos experimentos deveria ser feita no próprio computador em que o usuário está acostumado a trabalhar;
  - c) O projeto arquitetônico do experimento não poderia ter uma complexidade muito elevada, tendo em vista a limitação de tempo disponível dos usuários para participação na pesquisa;
  - d) Os experimentos não poderiam ser avaliados pela qualidade dos produtos gerados (digitais ou impressos), tendo em vista a diferenciação dos equipamentos (computador, impressora, etc.) em que os experimentos seriam aplicados. Além disso, poderia haver um grande atraso em função das condições de renderização;
  - e) Os experimentos não poderiam ser analisados em função de parâmetros quantitativos, como o tempo ou o número de comandos para a execução das tarefas, tendo em vista a ausência de nivelamento das experiências dos usuários no manejo dos softwares;

### 7.4.3. Seleção dos softwares

O método de trabalho adotado nesta pesquisa teve início com a escolha de softwares com características diferentes, propósitos e linhas de trabalho bem diversas, presumindo-se que os usuários procedam de maneiras diferentes e sofram interferência de fatores diversos durante o processo de trabalho nos diferentes softwares.

Desta forma, essa pesquisa mantém sua objetividade em não realizar uma análise comparativa das potencialidades dos softwares CAD em si, mas um estudo das diferenciações nas sistemáticas de projeção utilizada pelos arquitetos/projetistas dentro destes softwares, em função da incorporação das ferramentas paramétricas.

Com base nos princípios do método adotado e das restrições existentes decidiu-se que a pesquisa deveria concentrar-se na análise comparativa do processo de projeção através de apenas um software de cada um dos casos: não-paramétrico e paramétrico.

Após a elaboração de uma listagem geral dos softwares existentes no mercado, foram definidos os seguintes critérios (em ordem de prioridade) de seleção para a pesquisa:

- a) Os softwares devem representar o atual estado da arte no sistema de projeção CAD bidimensional tradicional e no sistema de projeção CAD parametrizado;
- b) Os softwares devem apresentar uma grande riqueza de variáveis influenciadoras, com características únicas em comparação a outros softwares;
- c) Os softwares devem ter uma destacada relevância no mercado nacional e internacional;
- d) Os softwares devem ter uma quantidade suficiente de usuários locais, isto é, no universo de Brasília.

#### **7.4.4. Seleção da amostra**

Com base nos princípios do método adotado e das restrições existentes decidiu-se que a pesquisa deveria concentrar-se no universo local de Brasília, com usuários dos softwares com graduação em Arquitetura e Urbanismo.

### **7.5. Experimento padrão**

#### **7.5.1. Identificação dos participantes**

Um importante procedimento na aplicação do experimento padrão é o registro das informações referentes à identificação, formação e experiência dos participantes.

#### **7.5.2. Informações preliminares**

Antes do início da aplicação do experimento, todos os participantes devem ser informados sobre os objetivos da pesquisa e também devem ser estimulados a buscar a melhor performance na utilização do software.

#### **7.5.3. Tarefa padrão**

A tarefa padrão deve ser apresentada aos usuários participantes por meio de um texto descritivo, que se aproximasse ao máximo da forma em que se relacionam os clientes leigos e os arquitetos durante o desenvolvimento dos trabalhos de arquitetura. Esse texto não deve conter informações gráficas (imagens) 2D ou 3D que possam influenciar os usuários na escolha das possíveis estratégias e procedimentos para a execução da tarefa.

Esse texto deve apresentar todas as informações necessárias para os usuários executarem a tarefa padrão, devendo o pesquisador segui-lo de maneira fiel, evitando comentários adicionais ou observações interpretativas.

#### **7.5.4. Projeto padrão**

Diante do escopo do trabalho, da metodologia adotada e das restrições existentes, entendeu-se que o projeto arquitetônico padrão deveria ser simples, de forma que pudesse ser desenvolvido no tempo disponível.

O desenvolvimento do projeto arquitetônico possibilitará a verificação prática da(s):

- a) estratégia (2D para 3D ou 3D para 2D) de projeção adotada pelo usuário, em função do software utilizado;
- b) características das entidades e objetos gerados;
- c) disponibilidade “automática” de elementos básicos de arquitetura (porta e janela, por exemplo), verificando a compatibilidade com a realidade do mercado brasileiro.
- d) existência ou não, de funções paramétricas nos softwares pode influenciar (dificuldades e facilidades) a atividade de projeção, na execução de alterações que geraram conseqüências diretas nos produtos 2D e 3D;
- e) a disponibilidade e características da biblioteca de blocos disponibilizada pelo software;
- f) as características paramétricas dos blocos;

### 7.5.5. Formulário padrão

Durante toda a realização do experimento o pesquisador deve acompanhar o trabalho do usuário no computador, registrando as informações de maneira imparcial, mantendo-se na condição de observador. A opção por esse afastamento do pesquisador em relação ao experimento certamente gera uma maior credibilidade aos resultados obtidos.

Durante a coleta de dados, os usuários seriam perguntados pelo pesquisador, de acordo com o formulário padrão (roteiro), sobre as estratégias e procedimentos utilizados pelos usuários para o desenvolvimento da tarefa padrão.

De acordo com as características da pesquisa, o formulário para a entrevista foi elaborado de maneira semi-estruturado, isto é, as perguntas foram fixas sem respostas opcionais predefinidas.

Basicamente o formulário deveria abordar os seguintes temas:

- a) Caracterização do usuário;
- b) Compreensão do tema objeto da pesquisa pelo usuário;
- c) Estratégias e seqüências de projeção arquitetônica adotadas pelo usuário em função das características do software;
- d) As características dos recursos paramétricos dos softwares;
- e) A padronização internacional dos recursos disponibilizados pelos softwares, em função do mercado nacional;
- f) Conseqüências imediatas e futuras para os profissionais da área;

GIL destaca algumas regras práticas para a aplicação da técnica de formulário (GIL, 2002, p. 117):

- a) Devem ser incluídas apenas perguntas relacionadas ao problema proposto;
- b) As perguntas devem ser formuladas de maneira clara, concreta e precisa;
- c) Cada pergunta deve possibilitar uma única interpretação;
- d) Nenhuma pergunta deve sugerir algum tipo de resposta;
- e) As perguntas devem referir-se a uma única idéia de cada vez;
- f) Deve ser realizado um pré-experimento.

## **7.6. Organização dos dados coletados**

Após a conclusão da aplicação dos experimentos, as informações registradas nos formulários serão organizadas em forma de planilha de maneira a subsidiar a etapa de análise.



## 8. PESQUISA DE CAMPO REALIZADA

Nesse capítulo descrevem-se os experimentos realizados com os usuários dos softwares, empregando a metodologia discutida no capítulo anterior, assim como as informações obtidas.

### 8.1. Seleção dos softwares

Seguindo a metodologia proposta no capítulo anterior, inicialmente foi elaborada a listagem geral dos softwares existentes no mercado (Anexo II), e a seguir foram selecionados, de acordo com os critérios fixados, os seguintes softwares para a realização dos experimentos:

- a) **Software não paramétrico: AutoCAD** (Autodesk): Um dos softwares CAD mais antigos e conhecidos, e que detêm atualmente 85% do mercado de softwares utilizados para a projeção arquitetônica. O treinamento no software AutoCAD faz parte da formação básica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UnB;
- b) **Software paramétrico: Revit Architecture** (Autodesk): Um dos softwares que representam o estado da arte na nova geração de CAD parametrizado. De acordo com o seu fabricante, este software deverá substituir o AutoCAD nos próximos anos;

### 8.2. Perfil dos grupos analisados

Os participantes foram individualmente submetidos a um Experimento Padrão conforme a metodologia proposta no capítulo anterior.

Os experimentos individuais foram aplicados no período de 03 à 23 de julho de 2008, e tiveram a duração média de 90 minutos.

Ao todo foram realizados 30 experimentos individuais, sendo 15 para cada software.

O número de experimentos foi considerado adequado à metodologia proposta e às restrições existentes, principalmente ao universo de usuários de REVIT disponíveis em Brasília.

A seleção da amostra da pesquisa não utilizou padrões estatísticos, mas foi composta em função da disponibilidade dos participantes, com universo exclusivo de Brasília.

Apesar disso, houve uma distribuição equilibrada entre os participantes nos seguintes aspectos, como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 1 - Perfil da Amostra da Pesquisa

Critérios	Tipo	Usuários de AutoCAD	Usuários de Revit
Local de trabalho	Iniciativa privada	5	6
	Órgãos públicos	10	9
Local de formação	Brasília	9	12
	Outros estados	6	3
Sexo	Homens	9	9
	Mulheres	6	6
Tempo de profissão	Menos de 10 anos	7	9
	Mais de 10 anos	8	6
Tempo que utiliza o software	Menos de 1 ano	---	11
	Mais de 1 ano	6	4
	Mais de 10 anos	9	---

Os dados de identificação dos usuários participantes não serão publicados nesse trabalho, por motivo de privacidade, mas poderão ser consultados pelos interessados.

## 8.3. Aplicação dos experimentos

### 8.3.1. Tarefa padrão

De acordo com a metodologia proposta foi elaborado um texto com a Tarefa Padrão (Anexo I) que os participantes deveriam executar.

Na parte introdutória desse documento foram prestadas, aos participantes, as informações básicas sobre o Projeto Padrão.

Na primeira parte da tarefa o participante foi solicitado a executar, com o software escolhido, o Projeto Padrão e imprimir os produtos técnicos e gráficos necessários. O objetivo desta parte é possibilitar a avaliação:

- a) da estratégia (2D para 3D ou 3D para 2D) de projeção adotada pelo usuário, em função do software utilizado;
- b) das características das entidades e objetos gerados;
- c) da disponibilidade “automática” de elementos básicos de arquitetura (porta e janela), verificando a compatibilidade com a realidade do mercado brasileiro.

Na segunda parte da tarefa o participante foi solicitado a executar, com o software escolhido, algumas alterações no Projeto Padrão, como as dimensões básicas (altura, comprimento e largura) da edificação e da porta. Como estas alterações irão gerar conseqüências diretas nos produtos 2D e 3D, o objetivo dessa parte é avaliar como a existência ou não, de funções paramétricas nos softwares pode influenciar (dificuldades e facilidades) a atividade de projeção.

Na terceira parte da tarefa o participante foi solicitado a inserir, com o software escolhido, um bloco (mobiliário, objeto ou pessoa) externo no projeto em execução. O objetivo dessa parte é avaliar:

- a) a disponibilidade e características da biblioteca de blocos disponibilizada pelo software;
- b) as características paramétricas dos blocos;

Na quarta parte da tarefa o participante foi solicitado a gerar rapidamente, utilizando o software escolhido, planilhas com informações complementares (não-gráficas) sobre o projeto em execução. O objetivo dessa parte é avaliar as potencialidades do software quanto a geração, de maneira simples (poucos comandos), de produtos complementares (planilhas, especificações, simulações etc.) relevantes ao processo de projeção arquitetônica.

Finalmente na última parte da tarefa o participante foi solicitado a imprimir novamente os produtos técnicos e gráficos necessários, com as alterações e inclusões das etapas anteriores.

### **8.3.2. Projeto padrão**

De acordo com a metodologia proposta foi escolhido um projeto arquitetônico simples de um posto de informações turísticas, com apenas um único ambiente e as seguintes características básicas:

- a) Planta baixa quadra, com dimensões internas de 6,00 x 6,00 m;
- b) Pé-direito de 4,50 m;
- c) Sistema estrutural (vigas e pilares) em concreto armado não aparente;
- d) Cobertura em laje de concreto armado com espessura de 12 cm e beiral com largura de 1,00 m;
- e) Três fachadas cegas, com as paredes de alvenaria em tijolo furado, revestida (emassada e pintada), com espessura final acabada de 15 cm;

- f) A quarta fachada será um pano de vidro estruturado com colunas em alumínio com perfil retangular de 5 x 10 cm, e modulação entre 50 cm e 1 m. Os vidros desta fachada serão do tipo temperado fumê, com espessura de 10 mm;
- g) Na fachada cega oposta à fachada de vidro haverá uma porta dupla, com comprimento de 2,00 m (1,00 m cada folha), abrindo para dentro. Essa porta será em vidro temperado fumê, com 2,10m de altura e 10 mm de espessura. A bandeira sobre a porta terá 90 cm de altura, em vidro igual da porta;
- h) A cota de soleira deverá estar a 20 cm acima do terreno natural nivelado;
- i) O piso interno será em cerâmica tipo porcelanato com 60 x 60 cm;

### **8.3.3. Formulário padrão**

De acordo com a metodologia proposta, o pesquisador acompanhou o trabalho dos participantes no computador, registrando as respostas e observações dos participantes junto às questões do Formulário Padrão (Anexo II).

Além disso, esse documento também foi utilizado como instrumento para registrar as informações referentes a identificação, formação e experiência dos participantes.

## **8.4. Resultados dos experimentos**

As respostas e observações registradas no Formulário Padrão de cada experimento realizado foram organizadas na planilha apresentada no

Anexo IV desse trabalho. Através da análise desses dados, consolidamos os seguintes resultados sobre os usuários participantes:

### 8.4.1. Conhecimento do tema

Nas questões 5.1 e 5.2, buscou-se levantar o nível de conhecimento dos participantes a respeito da tecnologia BIM e das funções e comandos paramétricos.

Tabela 2 - Dados consolidados das questões 5.1 e 5.2.

<b>Questão 5.1</b> <b>Conhecimento sobre sistema BIM</b>	<b>Usuários AutoCAD</b>		<b>Usuários Revit</b>	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Nenhum</b>	15	100,00	9	60,00
<b>Básico</b>	0	0	1	6,66
<b>Avançado</b>	0	0	5	33,33
<b>Questão 5.2</b> <b>Conhecimento sobre funções paramétricas</b>	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Nenhum</b>	11	73,33	3	20,00
<b>Básico</b>	3	20,00	7	46,66
<b>Avançado</b>	1	6,66	5	33,33

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que os usuários de AutoCAD não têm nenhum conhecimento sobre a tecnologia BIM ou sobre as funções e comandos paramétricos. Apesar disso, a maioria desses usuários observou que já escutaram falar e pretendem conhecer melhor o software Revit.

Verificou-se também que a maioria dos usuários de REVIT não tem conhecimentos básicos sobre a tecnologia BIM, mas tem noções básicas sobre funções e comandos paramétricos necessários à manipulação prática do software.

No caso dessa experimentação, a quantidade de usuários de REVIT que tem conhecimentos avançados sobre tecnologia BIM e comandos paramétricos, está relacionada diretamente com a existência de um curso local de especialização (FAU/UnB, Brasília) de pós-graduação relacionado à tecnologia computacional aplicada à arquitetura, e não aos conhecimentos obtidos em treinamentos ou práticas dos usuários.

#### 8.4.2. Futuro da projeção arquitetônica

Na questão 5.3, buscou-se levantar a opinião dos participantes a respeito do futuro (10 anos) diferente da atividade de projeção arquitetônica com sistemas computacionais.

Tabela 3 - Dados consolidados da questão 5.3

<b>Questão 5.3</b> <b>Perspectivas de mudança no futuro da projeção arquitetônica</b>	<b>Usuários AutoCAD</b>		<b>Usuários Revit</b>	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Sim</b>	14	93,33	15	100,00
<b>Não</b>	1	6,66	0	0

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, foi possível observar que todos os participantes, com maior ou menor ênfase, acreditam que a projeção arquitetônica com sistemas computacionais será muito diferente daqui a 10 anos.

Apesar do reduzido valor como informação científica, a identificação dessa expectativa dos profissionais é importante para reforçar a necessidade de pesquisas acadêmicas nessa área.

### 8.4.3. Execução do projeto: seqüência de trabalho

Na questão 6.1, buscou-se principalmente identificar a ordem lógica em que os participantes executaram o projeto arquitetônico padrão, de acordo com as condições previstas na primeira parte da tarefa.

Tabela 4 - Dados consolidados da questão 6.1

<b>Questão 6.1</b> <b>Seqüência de desenvolvimento do trabalho</b>	<b>Usuários AutoCAD</b>		<b>Usuários Revit</b>	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Planta baixa, cortes, fachadas, modelo 3D e perspectivas 2D</b>	15	100,00	15	0
<b>Modelo 3D que gera as vistas 2D</b>	0	0	15	100,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que no desenvolvimento do projeto arquitetônico, todos os usuários de AutoCAD executam primeiramente as vistas bidimensionais (ortogonais), seguindo invariavelmente a mesma ordem: planta baixa, cortes e fachadas; e somente depois o modelo tridimensional da edificação, para a geração das perspectivas.

As perspectivas não são realmente tridimensionais, mas apenas uma representação que sugere a tridimensionalidade do(s) ângulo(s) escolhido(s) pelo projetista, mas que não representam o objeto em sua totalidade, não permite fazer uso da variável tempo em que o visitante pode “caminhar” pela edificação (ZEVI, 1996).

Observou-se que o AutoCAD permite projetar em 3D desde o início se o usuário assim o quiser, no entanto é sintomático o fato de que eles invariavelmente trabalham em 2D no início da projeção. Isto certamente tem raízes na formação acadêmica, na cultura de produtos arquitetônicos bidimensionais e nas limitações (ausência de recursos) do software.

Por meio dos dados verificou-se também que no desenvolvimento do projeto arquitetônico, todos os usuários de REVIT executam primeiramente o modelo tridimensional da edificação, utilizando



variavelmente as formas de visualização 2D e 3D; e somente depois partiram para a geração (automática) das vistas ortogonais bidimensionais (planta baixa, cortes, fachadas) e das perspectivas, a partir do modelo 3D.

#### 8.4.4. Execução do projeto: utilização exclusiva do software

Na questão 6.2, buscou-se identificar se o trabalho proposto no experimento seria executado exclusivamente com o software definido para a avaliação (AutoCAD ou REVIT).

Tabela 5 - Dados consolidados da questão 6.2

Questão 6.2 Utilização exclusiva do software	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Sim</b>	14	93,33	14	93,33
<b>Não</b>	1	6,66	1	6,66

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que a maioria dos usuários de AutoCAD respondeu que executaria a tarefa exclusivamente com os recursos do próprio software. Porém, alguns desses usuários observaram que em suas atividades cotidianas muitas vezes utilizam outros softwares (SketchUp, 3DStudio) para desenvolver e apresentar o modelo tridimensional, pois consideram “fracos” os recursos tridimensionais do AutoCAD.

Nos experimentos realizados apenas um usuário de AutoCAD utilizou realmente outro software (SketchUp) para a execução do modelo tridimensional do projeto arquitetônico.

Verificou-se também que a maioria dos usuários de REVIT executou a tarefa utilizando exclusivamente os recursos do próprio software. Porém, alguns desses usuários responderam que em suas atividades cotidianas muitas vezes utilizam outros softwares para melhorar a apresentação gráfica das vistas ortogonais (bidimensionais) e, “renderizar” as perspectivas e vistas dos modelos tridimensionais gerados no REVIT.

Neste aspecto, os usuários de REVIT ainda destacaram a melhoria da compatibilidade do software, nas últimas versões, ao ampliar e facilitar a importação/exportação de arquivos de outros softwares (AutoCAD, 3DStudio, Sketchup, Microstation, etc.) tradicionais no processo de projeção arquitetônica.

#### 8.4.5. Execução do projeto: associação com informações não-gráficas

Nas questões 6.4 e 6.6, buscou-se identificar o conhecimento dos usuários a respeito das potencialidades dos softwares em associar informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas) às informações gráficas digitais (comprimento, largura e altura) das paredes ou dos demais elementos (porta, janela, piso, etc.) do projeto.

Tabela 6 - Dados consolidados das questões 6.4 e 6.6

Questão 6.4 e 6.6 Software permite a associação de informações não-gráficas	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
Sim	0	0	15	100,00
Não	15	100,00	0	0

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que os usuários de AutoCAD conhecem as limitações do software quanto à impossibilidade de associação de informações não-gráficas com as informações geométricas dos elementos (parede, porta, janela, piso, etc.). Diante dessa verificação negativa, algumas questões do formulário não precisaram ser aplicadas aos usuários de AutoCAD.

Verificou-se também que os usuários de Revit tem amplo conhecimento sobre a associação de informações não-gráficas com as informações digitais da geometria de todos os elementos (parede, porta, janela,

pisso, etc.) de projeto. Diante dessa verificação positiva, através da questão 6.5 identificou-se que, no modelo 3D do experimento puderam ser associadas informações não-gráficas sobre: os materiais e dimensões das camadas que estruturam os elementos construtivos; associações com os níveis/cotas de referência; as etapas da obra em que o elemento será construído ou executado; as especificações técnicas; os custos; as marcas dos materiais construtivos; as características físicas dos materiais construtivos; entre outras.

#### **8.4.6. Execução do projeto: flexibilidade na definição de informações não-gráfica**

Um aspecto muito discutido, em relação à análise de novas tecnologias computacionais aplicadas ao processo de projeção arquitetônica, está relacionado à liberdade de criação e especulação informal inerente à natureza da projeção em arquitetura (LOGAN, 1987) que alguns softwares também proporcionam aos projetistas. Neste aspecto, existe uma suposição de que a vinculação de informações não-gráficas (materiais, acabamentos, detalhes, etc.) às informações gráficas (desenhos) dos elementos de projeto (paredes, portas, janelas, etc.) poderia ser um fator limitante à liberdade de criação e especulação informal do projeto.

A ambigüidade (possibilidade de múltiplas interpretações) da representação dos desenhos garante que o seu conteúdo mantenha-se indeterminado durante as primeiras fases do projeto. A ambigüidade é importante para não cristalizar idéias muito cedo e congelar o desenvolvimento do projeto. A ambigüidade permite a execução de modificações durante a fase preliminar de solução de problemas de projeto, facilitando as operações cognitivas e possibilitando a exploração e do desenvolvimento de soluções alternativas (GOEL, 1995).

Os usuários do AutoCAD, na mesma linha de pensamento de LAWSON (1997), defendem que o software genérico permite que as características construtivas (informações não-gráficas) dos elementos de

projetos permaneçam indefinidas durante as fases iniciais e até intermediárias do processo de projeção, para melhorar a especulação das possibilidades existentes. No caso do AutoCAD, por exemplo, a indefinição do tipo de parede (tijolo cerâmico/ concreto/ maciço, cortina de concreto, gesso acartonado, madeira, etc.) não compromete sua representação gráfica no desenvolvimento do projeto arquitetônico e permite múltiplas interpretações.

Diante das restrições da pesquisa, na tarefa padrão do experimento não foi dado muito espaço para criação e especulação projetual, inviabilizando assim a observação mais prática desse aspecto.

Na questão 6.7, buscou-se verificar a limitação da liberdade de criação e especulação informal do projeto em função da rotina do software Revit em exigir que as informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas) sejam associadas à geometria gráfica no ato do lançamento (desenhar) digital do projeto.

Os usuários de AutoCAD não precisaram responder a esse questionamento.

Tabela 7 - Dados consolidados da questão 6.7

<b>Questão 6.7</b> <b>Exigência de associação de informações não-gráficas</b>	<b>Usuários AutoCAD</b>		<b>Usuários Revit</b>	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Sim</b>	n/a	n/a	6	40,00
<b>Não</b>	n/a	n/a	9	60,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se um certo equilíbrio no entendimento dos usuários do Revit sobre a questão. Os usuários que responderam negativamente entenderam que a liberdade de criação do projeto estaria contemplada na ferramenta de estudo de massa que não exige a associação de informações não-gráficas. Os usuários que responderam positivamente entenderam que apesar da exigência de associação de informações não-gráficas existir, ela não tolhe a liberdade de criação do

projetista pois, a qualquer tempo, qualquer uma das informações não-gráficas previamente definidas podem ser facilmente alteradas.

Na verdade, todos os usuários do Revit consideraram que a facilidade de alteração das informações não-gráficas associadas ao modelo 3D, aliada às ferramentas de visualização e simulação realística, proporcionam maiores subsídios para realizar especulações mais amplas, rápidas e flexíveis sobre o projeto.

#### 8.4.7. Execução do projeto: adequabilidade do software

Nas questões 6.8 e 6.9, buscou-se verificar junto aos usuários a qualidade do software em disponibilizar opções “default” (originais) de informações não-gráficas (materiais, detalhes construtivos, etc.) adequadas aos padrões e características do mercado brasileiro.

Os usuários de AutoCAD não precisaram responder a essa pergunta.

Tabela 8 - Dados consolidados das questões 6.8 e 6.9

<b>Questões 6.8 e 6.9</b> <b>Informações não-gráficas</b> <b>adequadas à realidade brasileira</b>	<b>Usuários AutoCAD</b>		<b>Usuários Revit</b>	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Sim</b>	n/a	n/a	3	10,00
<b>Não</b>	n/a	n/a	27	90,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que a maioria dos usuários do Revit considera que as informações não-gráficas disponibilizadas originalmente pelo Revit não contemplam as demandas do projeto arquitetônico do experimento e não estão adequadas aos padrões e características brasileiras. Alguns usuários observaram também que a ausência de informações não-gráficas relacionadas à realidade nacional é um dos principais problemas no software.

#### 8.4.8. Execução do projeto: facilidade no acréscimo de informações

Na questão 6.10, tinha-se por objetivo verificar junto aos usuários a facilidade dos procedimentos de inclusão de novas informações não-gráficas (materiais, detalhes construtivos, etc.), como no caso do projeto arquitetônico do experimento.

Os usuários de AutoCAD não precisaram responder a esse questionamento.

Tabela 9 - Dados consolidados da questão 6.10

Questão 6.10 Facilidade no acréscimo de informações	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Sim</b>	n/a	n/a	15	100,00
<b>Não</b>	n/a	n/a	0	0

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que todos os usuários do Revit consideram a inclusão de novas informações não-gráficas no Revit, um procedimento simples e “amigável”<sup>14</sup>. As informações não-gráficas do projeto arquitetônico do experimento foram incluídas por meio da edição (configuração) dos parâmetros de elementos semelhantes (parede, porta, janela, piso, cobertura etc.), disponíveis originalmente no software.

Alguns usuários do Revit observaram que, na prática, a melhoria do desempenho no uso do software está relacionada ao desenvolvimento de uma biblioteca pessoal, com a constante coleção de informações utilizadas nos projetos anteriores.

---

<sup>14</sup> Qualidade de um produto ou de uma aplicação informática de uso fácil e cuja interação com o utilizador se revela amigável (Fonte: Adaptado de Thesaurus Europeu da Educação, 1998).

#### 8.4.9. Execução do projeto: estratégias alternativas

Na questão 6.11, buscou-se verificar a possibilidade de executar a tarefa do experimento de maneiras diferentes, com o objetivo de avaliar a amplitude ou convergência dos softwares em relação às diferentes estratégias para a execução de uma mesma tarefa padrão.

A grande maioria dos participantes limitou-se a responder afirmativamente (sim) ou negativamente (não), o que dificultou ou impediu uma avaliação mais consistente dessa característica.

#### 8.4.10. Execução de alterações: relevância

Na questão 7.1, procurou-se levantar a opinião dos participantes sobre a relevância da atividade de execução de alterações projetuais, dentro do processo de projeção arquitetônica.

Tabela 10 - Dados consolidados da questão 7.1

Questões 7.1 Relevância da atividade de alteração	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
Sim	15	100,00	15	100,00
Não	0	0	0	0

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que todos os participantes, com maior ou menor ênfase, responderam que a execução de alterações é uma das atividades mais comuns e demandadas na projeção arquitetônica.

#### 8.4.11. Execução de alterações no projeto: seqüência de trabalho

Nas questões 7.2 e 7.3, verificou-se o método prático para a execução das alterações no projeto arquitetônico do experimento.

Tabela 11 - Dados consolidados das questões 7.2 e 7.3

Questão 7.2 e 7.3	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Produtos gráficos modificados</b>				
<b>Todos individualmente</b>	15	100,00	0	0
<b>Somente o modelo 3D, por meio das vistas 2D ou 3D</b>	0	0	15	100,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que no AutoCAD as alterações precisam ser executadas individualmente em cada uma das representações bidimensionais (planta baixa, cortes, fachadas, perspectivas) e no modelo tridimensional, gerados na primeira parte da tarefa. Na execução das alterações propostas também se verificou que alguns usuários de AutoCAD optaram pelo desenvolvimento de um novo modelo 3D, diante das dificuldades para alterar o modelo original.

Por outro lado, verificou-se também que no Revit cada alteração proposta precisou ser executada apenas uma vez no modelo tridimensional, sendo que para isto poderia ser utilizada qualquer uma de suas vistas bidimensionais ou tridimensionais.

#### **8.4.12. Biblioteca de blocos: qualidade e disponibilidade**

Outro ponto destacado na parte teórica dessa dissertação (item 7.1.2) foi a importância (qualitativa e quantitativa) das bibliotecas de símbolos e blocos dos softwares, na produtividade da atividade de projeção arquitetônica.

Nas questões 8.1 e 8.2, verificou-se a qualidade da biblioteca original de blocos 2D e 3D dos softwares e a disponibilidade de novos blocos no mercado (internet, indústria).



Tabela 12 - Dados consolidados das questões 8.1 e 8.2

Questão 8.1 Biblioteca original de blocos do software	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Não possui</b>	15	100,00	0	0
<b>Possui mas é fraca</b>	0	0	12	80,00
<b>Possui mas é boa</b>	0	0	3	20,00
Questão 8.2 Disponibilidade de blocos	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Boa</b>	14	93,33	0	0
<b>Ruim</b>	1	6,66	15	100,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que o AutoCAD não possui biblioteca original de blocos, mas por sua longa existência no mercado e intensa utilização na projeção arquitetônica, existe muito material (símbolos e blocos) disponível em diversos sites especializados, em sites de importantes indústrias (nacionais e internacionais) de material de construção e, principalmente circulando (troca) entre os seus usuários. Apesar dessa grande quantidade de blocos externos disponíveis, pudemos verificar que no processo de projeção arquitetônica com softwares CADD não-paramétricos, esses blocos são utilizados basicamente como elementos complementares ("molho", apresentação gráfica, etc.).

Verificou-se também que, apesar da projeção no Revit estar concentrada na utilização de blocos paramétricos da biblioteca original do software, ela não foi considerada satisfatória (quantidade e qualidade) pelos participantes do experimento, por considerar somente os padrões e características dos sistemas construtivos tradicionais americanos (EUA). Além disso, constatamos junto aos participantes que a disponibilização de blocos externos (janelas, portas, equipamentos, etc.) para esse software ainda é pequena, mas vem crescendo nos últimos anos por meio de sites especializados e sites de grandes indústrias internacionais de material de construção.

Neste ponto cabe destacar a observação de um dos participantes do experimento, de que os softwares CADD não precisam disponibilizar padrões ou blocos predeterminados, mas devem manter o seu caráter mais “genérico”, e apresentar recursos mais amigáveis para o desenvolvimento de padrões específicos à necessidade de cada projetista, em qualquer lugar do mundo.

#### 8.4.13. Blocos: facilidade de inserção

Na questão 8.3, constatou-se a existência de facilidade do procedimento de inserção de blocos nos softwares participantes do experimento.

Verificou-se que todos os usuários do AutoCAD e do REVIT responderam que a inserção de blocos é um procedimento simples e amigável.

#### 8.4.14. Blocos: associação com informações não-gráficas

Na questão 8.4, verificou-se se havia a possibilidade de fazer associação de informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas) aos blocos inseridos, nos softwares.

Tabela 13 - Dados consolidados das questões 8.4 e 8.5

Questão 8.4 Associação de informações não-gráficas aos blocos	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Não permite</b>	15	100,00	1	6,66
<b>Permite</b>	0	0	14	93,33

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que os usuários de AutoCAD estavam cientes de que este software não permite associação com informações não-gráficas.

Por outro lado constatou-se que os usuários do Revit estavam cientes de que o mesmo permite fazer associação de informações não-gráficas aos blocos. Neste ponto destacamos as observações de alguns usuários de que, na prática, o Revit considera as paredes, portas, janelas, pisos e demais elementos do projeto como blocos paramétricos.

Na questão 8.5, buscou-se identificar o número de informações que puderam ser associadas ao bloco inserido na tarefa do experimento, mas a maioria dos usuários de Revit não foi específica na resposta, Apenas alguns poucos usuários observaram que as informações paramétricas variam muito de bloco para bloco, mas que geralmente as dimensões e os materiais podem ser alterados.

#### 8.4.15. Geração de informações adicionais

A facilidade de geração (exportação, impressão, disponibilização organizada, etc.) de informações gráficas e não-gráficas do projeto arquitetônico é outro aspecto importante na análise dos sistemas computacionais aplicados à projeção arquitetônica.

Na questão 9.1, buscou-se verificar a disponibilidade de recursos dos softwares que permitam a geração, de maneira “automática” (em poucos comandos e sem grandes configurações) e organizada, de planilhas com informações não-gráficas sobre o projeto.

Tabela 14 - Dados consolidados da questão 9.1

Questão 9.1 Geração de informações não-gráficas adicionais	Usuários AutoCAD		Usuários Revit	
	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
<b>Não possui este recurso</b>	15	100,00	0	0
<b>Possui este recurso</b>	0	0	15	100,00

Fonte: Dados levantados na pesquisa

Diante dos dados obtidos, verificou-se que no AutoCAD a geração de informações está limitada à representação gráfica (vistas 2D) da

edificação, enquanto que no Revit ainda podem ser informações não-gráficas adicionais sobre o projeto.

Apesar da baixa complexidade do projeto arquitetônico do experimento, com apenas um ambiente, uma porta e uma janela, na questão 9.2, pode-se identificar algumas informações (área de parede, listagem de porta e janela, área de piso, etc.) geradas no experimento e ter uma boa noção do excelente potencial desse recurso.

Quanto a esse aspecto também convém ressaltar que no Revit as informações não-gráficas do projeto arquitetônico também podem ser exportadas para outros sistemas computacionais ou serem usadas em uma aplicação complementar de outra disciplina.

#### **8.4.16. Observações**

Durante a realização dos experimentos os participantes fizeram diversas observações pessoais, com destaque para:

*“A discussão sobre o futuro dos softwares utilizados na projeção arquitetônica é muito importante, pois se refere ao nosso ferramental diário de trabalho.”*

*“A utilização do papel deve diminuir muito, pois é uma mídia muito antiga que só está sendo mantida por tradicionalismo e não por necessidade. O papel será um material caro, pois consome recursos importantes como: energia, petróleo, água, madeira”*

*“A Justiça Federal” e “o Exército Brasileiro estão migrando do AutoCAD para o REVIT.”*

*“O software (Revit) permite o trabalho com múltiplas formas de visualização (2D e 3D), facilitando as decisões desde o início da concepção do projeto.”*

#### **8.4.17. Reavaliação do experimento**

Ao longo do formulário padrão foram colocadas algumas questões (6.12, 10.1 e 10.2) sobre as condições (dificuldade, quantidade de informações, etc.) do experimento que estava sendo aplicado para verificar seu conteúdo e eficácia.

A grande maioria dos participantes afirmou que: as informações fornecidas foram suficientes para o desenvolvimento da tarefa. Neste experimento foram reproduzidas as atividades cotidianas de trabalho dos arquitetos, e o experimento foi relativamente simples. Uma pequena parte dos participantes observou que o experimento foi trabalhoso.

#### **8.5. Produtos gerados nos experimentos**

Em todos os experimentos aplicados, os participantes geraram produtos impressos (plantas baixas, cortes, fachadas, perspectivas) conforme previsto na tarefa solicitada. Diante do extenso volume de material produzido, optou-se pela apresentação (Anexo V) de apenas uma parte desses produtos, que certamente tem uma boa representatividade do trabalho.

#### **8.6. Dificuldades enfrentadas**

Conforme esperado em pesquisa que interagem com público, na aplicação prática dos experimentos ocorreram algumas dificuldades, que destacamos a seguir:

- a) Em alguns experimentos o tempo máximo estimado, de uma hora e meia, foi extrapolado;
- b) Alguns participantes tiveram problemas com a impressão dos produtos no momento do experimento;

- c) Em alguns poucos experimentos ocorreram interrupções temporárias, por solicitação do participante;
- d) Alguns poucos participantes limitaram-se a não responder algumas questões, sem apresentar os motivos.

## **9. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

Nesse capítulo são analisados e discutidos aspectos do embasamento teórico e da metodologia da pesquisa, bem como os resultados dos experimentos realizados. E também são apresentadas as conclusões e as perspectivas para trabalhos futuros.

### **9.1. Discussão**

#### **9.1.1. Parte teórica**

No desenvolvimento da parte teórica dessa dissertação observamos claramente que a projeção arquitetônica é um processo muito complexo e por isso muito difícil de ser sistematizado, conforme demonstra as diferentes teorias que buscaram ser desenvolvidas ao longo dos anos.

Na parte teórica também percebemos que a tecnologia computacional CAD, no primeiro momento, gerou grandes modificações no meio e no ferramental de trabalho utilizado na projeção arquitetônica, mas que atualmente os sistemas CADD arquitetônicos estão mais concentrados na melhoria do processo (“design”) de trabalho.

O entendimento dos novos objetivos dos atuais sistemas CADD arquitetônicos também foi construído na parte teórica, com a caracterização do processo tradicional de projeção arquitetônica e a identificação das demandas e pressões atuantes no mercado da construção.

Assim, os sistemas BIM foram identificados, não como uma tendência, mas como uma tecnologia viável e promissora que vem respondendo satisfatoriamente às crescentes pressões (capítulo 4) que atuam sobre o processo de projeção arquitetônica, apesar das atuais limitações de software ainda novo. Além disso, observou-se que os sistemas BIM vêm dominando as discussões mundiais na área da indústria da construção.

Apesar do levantamento do estado da arte ser apenas uma etapa dos arcabouços teóricos dos trabalhos científicos, no caso específico do tema dessa dissertação, esse levantamento básico da atual tecnologia BIM foi uma das etapas mais difíceis e complexas do trabalho. A extrema atualidade e a baixa difusão acadêmica do tema restringiram muito as fontes de informações, exigindo o aprofundamento da pesquisa em artigos de sites muito especializados, anais de congressos recentes e pouquíssimos livros específicos sobre o assunto. Além disso, apesar da considerável quantidade de material comercial e promocional disponibilizado nos sites dos fabricantes de softwares, ainda são muito escassos os estudos acadêmicos específicos sobre o assunto. Assim, o levantamento do estado da arte nessa dissertação foi destacado como um importante objetivo de trabalho.

A crescente difusão do uso de sistemas BIM também foi evidenciada na parte teórica com a apresentação de exemplos práticos de grandes projetos e obras arquitetônicas, por importantes organizações (escritórios internacionais de projeto, multinacionais e referenciadas instituições públicas e privadas).

A identificação da parametrização como uma das mais importantes características da tecnologia BIM e como o principal critério que vem referenciando classificação (paramétricos e não-paramétricos) dos atuais softwares CADD, também foi um ponto da parte teórica determinante na definição do foco do trabalho.

Finalmente, a parte teórica evidenciou o atual desenvolvimento dos softwares paramétricos baseados na tecnologia BIM, que possuem diferentes paradigmas em relação ao método tradicional de projeção arquitetônica com software não-paramétricos, e que por isso merecem certamente uma atenção especial da academia.



### 9.1.2. Metodologia

Um importante diferencial desse trabalho em relação à grande maioria das pesquisadas realizadas com sistemas computacionais aplicados à projeção arquitetônica, foi a metodologia adotada para a coleta de dados de campo.

Na realização do experimento prático, a proximidade do pesquisador com os profissionais em ação, isto é, desenvolvendo atividades cotidianas de trabalho, mesmo que no âmbito de uma redução, produziu resultados muito próximos da realidade, o que destaca a metodologia utilizada em relação a outras abordagens menos interativas.

Na foto abaixo se pode observar a posição mais comum adotada pelo pesquisador durante a aplicação dos experimentos.



**Figura 9-1** - O pesquisador na aplicação do experimento.

**Fonte:** Foto tirada durante a pesquisa.

Diante de todas as qualidades referentes à metodologia adotada, cabe ressaltar as respectivas dificuldades enfrentadas para a sua aplicação prática. No caso dessa pesquisa, pode-se avaliar as dificuldades para realizar trinta experimentos, com duração média de uma hora e meia,

cada um; em trinta diferentes equipamentos (computadores, impressoras, etc.); com trinta diferentes usuários, cada um com suas peculiaridades pessoais; e com a exigência de manter a padronização dos mesmos procedimentos em todos os experimentos, independentemente de todas essas diferenças.

Dentro da metodologia adotada também é necessário destacar como uma das etapas mais difíceis da pesquisa a composição da lista de participantes, por meio dos contatos iniciais e esforços para o convencimento dos profissionais em participar de um experimento relativamente trabalhoso e demorado, e com finalidade acadêmica.

### 9.1.3. Pesquisa de campo

Os dados dos experimentos obtidos no desenvolvimento da pesquisa de campo foram registrados nos formulários, compilados no Anexo IV e analisados no Capítulo 8.

Assim, a partir das informações identificadas na pesquisa de campo, foram destacados na tabela 15, os principais aspectos diferenciadores do processo de projeção arquitetônica com softwares CADD paramétricos e softwares CADD não-paramétricos.

Tabela 15 - Principais aspectos identificados

Aspecto		Software não-paramétrico	Software paramétrico
I	Natureza do software	Genérico	Especializado
II	Sistema de representação do edifício	Baseado nas vistas ortogonais 2D segmentadas do edifício	Baseado no modelo 3D unificado do edifício
III	Modo de visualização predominante	2D	2D
IV	Informações do edifício contidas no projeto arquitetônico	Informações gráficas da geometria do edifício	Informações gráficas da geometria do edifício, mais informações não-gráficas da execução do edifício
V	Execução de alterações no projeto arquitetônico	Descentralizada, repetitiva e mais suscetível a erros	Centralizada, única e menos suscetível a erros

Fonte: Informações coletadas na pesquisa

Quanto ao primeiro (I) aspecto listado na tabela 15, verificou-se que a parametrização dos softwares CADD está diretamente relacionada ao seu grau de especialização, tendo em vista que os parâmetros internos são diretamente definidos em função das especificidades da disciplina objetivada (neste caso, arquitetura). Assim, o software não-paramétrico CADD (AutoCAD) tem um caráter genérico, isto é, pode ser amplamente utilizado em várias áreas do “design” - automobilístico, aeroespacial, arquitetura, urbanismo, mobiliário, moda, indústria, etc., por não possuir parâmetros específicos de nenhuma dessas disciplinas. Em contraposição, o software CADD paramétrico (REVIT Architecture) tem um caráter específico para a arquitetura, pois utiliza os parâmetros específicos (paredes, portas, janelas, telhados, pisos, etc.) do “design” dessa disciplina. Ressalta-se as vantagens deste último software para o processo de projeção arquitetônica.

Quanto ao segundo (II) aspecto listado na tabela 15, verificou-se que no processo de projeção arquitetônica a forma de representação da edificação apresenta diferenças significantes em função da parametrização do software utilizado. Assim, na projeção arquitetônica com software CADD não-paramétrico (AutoCAD) a edificação é representada de maneira segmentada, por meio de suas vistas ortogonais bidimensionais (plantas baixas, cortes, fachadas) e do seu modelo tridimensional, todos desenvolvidos separadamente e sem ligação digital (“links”) entre si. Diferentemente, na projeção arquitetônica com software CADD paramétrico (Revit) a representação da edificação é centralizada em um único modelo tridimensional que pode ser visualizado de maneira bidimensional ou tridimensional. Nesse software paramétrico as vistas ortogonais passam a ser subprodutos “linkados”, que são desenvolvidos simultaneamente ou extraídos automaticamente, de maneira ilimitada, de acordo com necessidade do projetista.

Quanto ao terceiro (III) aspecto listado na tabela 15, verificou-se que, independentemente do software CADD (não-paramétrico ou paramétrico) utilizado, os usuários invariavelmente desenvolvem os projetos arquitetônicos utilizando os modos de visualização bidimensionais. Assim, verificou-se que a formação acadêmica, baseada na representação

bidimensional segmentada da edificação, ainda é um fator determinante na utilização de novas tecnologias computacionais baseada na utilização de modelo tridimensional e na parametrização.

Quanto ao quarto (IV) aspecto listado na tabela 15, verificou-se que a quantidade de informações do edifício contidas (associada) na representação do projeto arquitetônico, aumenta consideravelmente quando se trabalha com o software CADD paramétrico. No software CADD não-paramétrico (AutoCAD) as informações do projeto arquitetônico limitaram-se à representação geométrica (vistas 2D) da edificação. Diferentemente, o software CADD paramétrico (Revit) permite que sejam associadas, à representação geométrica da edificação (modelo 3D), grande quantidade de informações não-gráficas sobre o processo de construção e manutenção do edifício, tais como: o tempo de execução (4D); o custo de execução (5D); os componentes reais do edifício; a documentação (especificações); o processo de construção; a operação de equipamentos; entre outros. Assim, o processo de projeção arquitetônica com o software CADD paramétrico (Revit) responde melhor às demandas da indústria da construção ao disponibilizar, desde suas fases iniciais, informações sobre processo executivo/construtivo do empreendimento.

Neste aspecto (IV), também se verificou que no processo de projeção arquitetônica com software CADD paramétrico (Revit), o aumento da quantidade de informações não-gráficas sobre a edificação, desde as fases iniciais do desenvolvimento do projeto arquitetônico, não é um fator limitador da liberdade de criação, mas ao contrário, pode ser um importante instrumento de análise e avaliação de soluções. Assim, as soluções arquitetônicas podem ser avaliadas melhor e mais rapidamente, durante o processo de projeção arquitetônica.

Neste aspecto (IV), também se verificou que as informações não-gráficas disponibilizadas pelo software CADD paramétrico (Revit) não são adequadas aos padrões e características construtivas brasileiras, tornando-se assim uma limitação à migração ou implementação desse sistema.

Ainda em relação ao aspecto (IV), também se verificou a importância da facilidade de utilização (exportação, impressão, apresentação organizada, etc.) de informações não-gráficas no processo de projeção arquitetônica. Assim, nos experimentos realizados pode-se observar que no software CADD paramétrico (Revit) todas as informações não-gráficas associadas ao projeto arquitetônico, podem ser geradas “automaticamente” (requerendo poucos comandos) em tabelas gráficas com a organização específica à demanda do agente (projetista, executor, cliente, etc.) da indústria da construção. Assim, apesar da baixa complexidade do projeto arquitetônico do experimento, com apenas um ambiente, uma porta e uma janela, foi possível ter uma boa noção do excelente potencial desse recurso.

Quanto ao quinto (V) aspecto listado na tabela 15, verificou-se a existência de importantes diferenças na execução de alterações durante o processo de projeção arquitetônica com os softwares CADD não-paramétrico (AutoCAD) e paramétrico (REVIT Architecture).

A execução de alterações é uma atividade que acontece ao longo de todo o processo de projeção arquitetônica: nas fases iniciais de criação; no desenvolvimento, à luz das novas informações que vão surgindo; na adequação às solicitações dos clientes; no cumprimento das exigências de aprovação dos órgãos públicos; na compatibilização com os projetos complementares; na adequação às condições construtivas (as build); e até mesmo após a conclusão da edificação, na execução de reformas.

No processo tradicional de projeção com softwares CADD não-paramétricos cada alteração no projeto arquitetônico precisa ser executada individualmente em cada uma das vistas bidimensionais e no modelo tridimensional, gerando assim uma grande quantidade de trabalho braçal, dependente exclusivamente da habilidade pessoal (percepção, concentração, lembrança, etc.) do projetista. Além disso, muitas alterações executadas no projeto produzem outras alterações encadeadas. Assim, uma simples alteração em uma dimensão interna de um ambiente pode exigir inúmeras alterações diferentes locais do projeto, aumentando muito a propensão a erros. Assim, a

atividade de execução de alterações sempre foi considerada crítica dentro do processo tradicional de projeção arquitetônica.

Observou-se que no experimento da pesquisa, foi proposta a execução de três alterações (dimensões da edificação, pé-direito e dimensão da porta) no projeto arquitetônico original.

Na análise deste aspecto (V) foi estabelecida uma metodologia específica para mensurar e avaliar a execução das alterações do experimento. Assim, na tabela 16 foram apresentados os dados quantitativos das modificações executadas no experimento com os softwares CADD não-paramétrico (AutoCAD) e paramétrico (Revit).

Na metodologia adotada, cada modificação executada em um elemento construtivo (parede, laje, porta, janela) foi considerada como 1 (um) ponto focal de modificação, independente do número de comandos necessários para executá-la.

Observamos na tabela 16 que a alteração de projeto proposta para as dimensões (de 6x6 m para 5x5 m) da edificação foi executada no software CADD paramétrico (Revit) alterando apenas duas paredes (2 pontos de modificação) do modelo 3D, enquanto que no software CADD não-paramétrico foi necessário a repetição da modificação das duas paredes (2 pontos de modificação) em todas as representações (planta baixa, 2 cortes, 4 fachadas e modelo 3D), totalizando 16 pontos de modificação.

Tabela 16 - Quantificação de modificações

Representação gráfica do projeto arquitetônico	Software não-paramétrico				Software paramétrico
	Alterações propostas no experimento			Alteração conseqüente	Alterações propostas
	Dimensões da edificação	Pé-direito	Dimensão da porta	Dimensões da janela	
Planta Baixa	2	0	1	1	0
Corte transversal	2	1	1	1	0
Corte longitudinal	2	1	0	1	0
Fachada frontal	2	1	1	0	0
Fachada posterior	2	1	0	1	0
Fachada lateral esq.	2	1	0	0	0
Fachada lateral dir.	2	1	0	0	0
Modelo 3D	2	1	1	1	4
Subtotal	16	7	5	5	4
<b>Total</b>	<b>33 pontos</b>				<b>4 pontos</b>

Fonte: Informações coletadas na pesquisa

Observamos também na tabela 16 que a alteração das paredes e do pé-direito da edificação, provocou diretamente alterações nas dimensões básicas e detalhamento da janela, que no caso do software CADD paramétrico (Revit) foram executadas automaticamente (0 pontos de modificação), devido as propriedades paramétricas, e no caso do software CADD não-paramétrico (AutoCAD) tiveram que ser executadas em cinco representações (planta baixa, 2 cortes, 1 fachadas e modelo 3D), totalizando 5 pontos de modificação.

Assim, diante dos dados da tabela 16, observamos na prática a criticidade da atividade de alteração projetual no processo tradicional de projeção arquitetônica com o software CADD não-paramétrico (AutoCAD). Nesses softwares as alterações são executadas em um número maior de pontos (focais) do projeto arquitetônico, e por isso torna-se uma atividade caracteristicamente mais braçal do que intelectual, mais suscetível a erros e mais demandante de tempo útil de trabalho do arquiteto. Mesmo no desenvolvimento desse simples projeto do experimento pode-se perceber

essa enorme suscetibilidade a erros, com alguns participantes deixando de executar pontos de modificações principalmente em cortes e fachadas.

Por meio da tabela 16 também se observou que nos experimentos com o software CADD paramétrico (Revit) os usuários precisam executar cada modificação apenas uma vez no modelo 3D, utilizando para isso apenas um dos seus modos de visualização (bidimensional ou tridimensional). Assim, nesses softwares a atividade de alteração projetual torna-se menos trabalhosa, mais rápida, e muito mais segura (menos dependente do profissional e menos suscetível a erros). Essa diminuição do número de pontos de modificações deve-se à associação bidirecional existente nesses softwares, e descrita no item 6.3.4., que garante a integridade do projeto, assegurando que as modificações realizadas em qualquer ponto do modelo 3D ou das vistas 2D, sejam refletidas automaticamente em todo o projeto.

## 9.2. Conclusões

Neste item são apresentadas as conclusões referentes à demonstração das hipóteses levantadas no item 1.3. e à verificação da consecução dos objetivos específicos definidos no item 1.2.2..

Diante das hipóteses levantadas no item 1.3. concluiu-se que:

A hipótese levantada no item **1.3.4.**, de que *nos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, a execução de modificações nos projetos arquitetônicos é tornada uma atividade mais simples e com menos propensão a erros*, foi demonstrada verdadeira por meio da pesquisa realizada e da análise dos dados dos experimentos apresentados na tabela 16. Na pesquisa também se identificou o armazenamento centralizado da informação no modelo tridimensional, a natureza paramétrica dos objetos do modelo tridimensional e a associatividade bi-direcional, como principais características dos softwares CADD arquitetônicos paramétricos que contribuem para a simplificação e diminuição dos erros na atividade de execução de modificações nos projetos



arquitetônicos. Na pesquisa também se verificou que a diminuição da criticidade da atividade de execução de modificações nos projetos, propiciada pelos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, produz impactos no processo de projeção arquitetônica: ao diminuir o tempo gasto com esta atividade predominantemente braçal, ao possibilitar a execução de especulações projetuais mais complexas, ao diminuir a demanda de trabalho dos auxiliares cadistas.

A hipótese levantada no item **1.3.3.**, de que *no processo de projeção arquitetônica, com softwares CADD arquitetônicos paramétricos, foi introduzida uma vinculação direta com o processo executivo/construtivo da edificação, incluindo a exigência de aumento de informações geradas e gerenciadas pelo arquiteto desde o início do projeto*, foi demonstrada verdadeira por meio dos dados dos experimentos realizados. Na pesquisa também se verificou que o aumento das informações sobre o processo executivo/construtivo, propiciada pelos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, também produz impactos no processo de projeção arquitetônica: ao exigir dos projetistas maiores conhecimentos técnicos sobre a execução da obra, ao aumentar a responsabilidade dos arquitetos pelo gerenciamento das informações, ao diminuir a demanda de trabalho dos auxiliares cadistas.

A hipótese levantada no item **1.3.2.**, de que *nos softwares CADD arquitetônico paramétricos, a projeção arquitetônica está fundamentada no desenvolvimento do modelo tridimensional virtual, minimizando assim a importância da representação segmentada do edifício por meio das vistas ortogonais (plantas, cortes e vistas) que passam à simples subprodutos obtidos de maneira semi-automática*, foi demonstrada verdadeira por meio dos dados dos experimentos realizados. Na pesquisa também se verificou que a fundamentação da projeção arquitetônica no desenvolvimento do modelo tridimensional, propiciada pelos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, também produz impactos no processo de projeção arquitetônica: ao melhorar a compreensão do projeto pelos agentes (clientes, etc.) do processo, ao minimizar a dependência secular do sistema de

representação segmentada por vistas ortogonais bidimensionais, ao possibilitar maiores especulações de formas e soluções, ao exigir maior visão tridimensional dos projetistas, ao diminuir a demanda de trabalho dos auxiliares cadistas.

A hipótese levantada no item **1.3.1.**, de que *o processo tradicional de projeção arquitetônica é modificado quando são utilizados os softwares CADD arquitetônicos paramétricos*, foi demonstrada verdadeira por meio dos dados dos experimentos realizados e da comprovação das hipóteses anteriores. Na pesquisa também se verificou que a modificação do processo tradicional de projeção, propiciada pelos softwares CADD arquitetônicos paramétricos, produz impactos na própria disciplina: ao exigir adequações acadêmicas para a formação dos novos arquitetos, ao aumentar a cultura colaborativa no processo, ao revisar as responsabilidades do arquiteto no processo.

Diante objetivos específicos estabelecidos no item 1.2.2. concluiu-se que:

O objetivo estabelecido no item **a.**, de *levantar o “estado da arte” da tecnologia computacional aplicada ao processo de projeção arquitetônica*, foi alcançado diante do embasamento teórico do trabalho que levantou as principais informações existentes, que contribuem para a atual configuração do tema, com destaque para a parte relacionada à tecnologia BIM, que vem dominando as discussões mais atuais no setor da construção, mas que ainda não tem suas informações estruturadas em referências bibliográficas e estudos acadêmicos.

O objetivo estabelecido no item **b.**, de *comparar as principais diferenças entre o processo tradicional de projeção arquitetônica e aqueles que utilizam os novos sistemas computacionais parametrizados*, foi alcançado diante do embasamento teórico do trabalho e da pesquisa realizada.

O objetivo estabelecido no item **c.**, de *identificar as limitações que os softwares CADD arquitetônicos paramétricos apresentam em relação à realidade brasileira*, foi alcançado diante da pesquisa realizada.

### **9.3. Desdobramentos e trabalhos futuros**

Neste item são apresentados os temas de pesquisa que poderão futuramente ser desenvolvidos a partir ou em complementação ao conteúdo dessa dissertação.

Os trabalhos de pesquisa futuros podem aprofundar a comparação analisada no presente trabalho, com a inclusão de outros softwares representativos na projeção arquitetônica, tais como: Autodesk Architectural Desktop – ADT, ArchiCAD, Bentley Architecture, AllPlan, Form-Z, MicroStation, entre outros.

A tecnologia BIM, apresentada ao longo do presente trabalho, também traz vários aspectos importantes que podem ser explorados em trabalhos futuros. Entre eles poderíamos citar, a intensificação na colaboração entre os participantes do projeto, a nova visão dos arquitetos como provedores e gerentes das informações do projeto e a atuação do projeto durante todo o ciclo de vida das edificações.

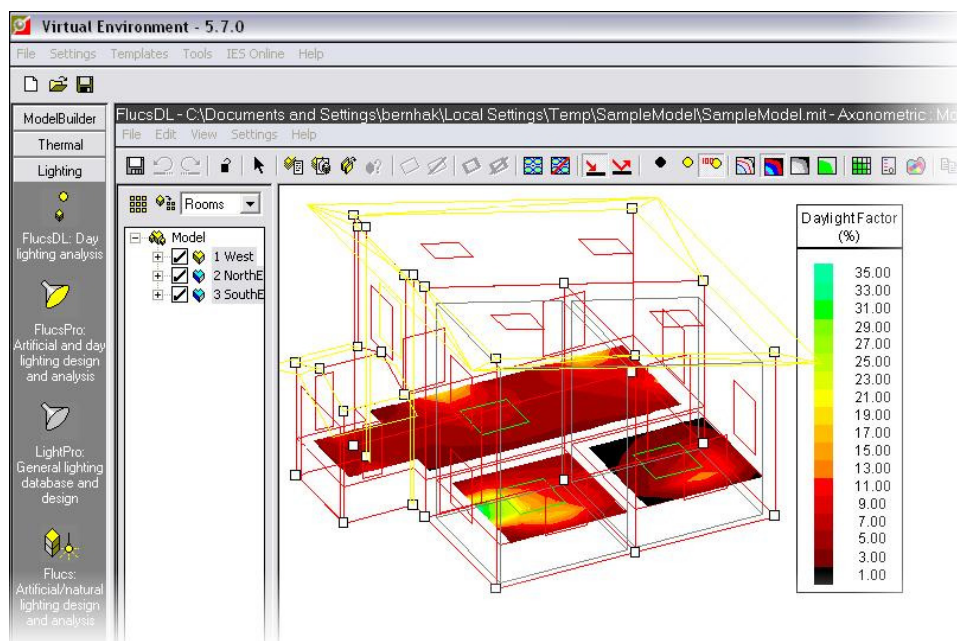
Outro tema importante para futuros trabalhos de pesquisa seria a verificação das repercussões da tecnologia BIM na educação profissional dos novos arquitetos, tais como: a necessidade de promover a abordagem tridimensional no processo de projeção, o potencial para a maior integração entre diferentes disciplinas e matérias, a necessidade para uma maior compreensão da construção pelos estudantes, a necessidade de ensinar a cultura da colaboração, a incorporação das ferramentas BIM.

A análise da adequabilidade das informações não-gráficas originais dos softwares CADD paramétricos aos padrões construtivos

brasileiros e a influência desse aspecto na utilização prática desses sistemas computacionais, também é um tema interessante para o desenvolvimento de futuros trabalhos de pesquisa.

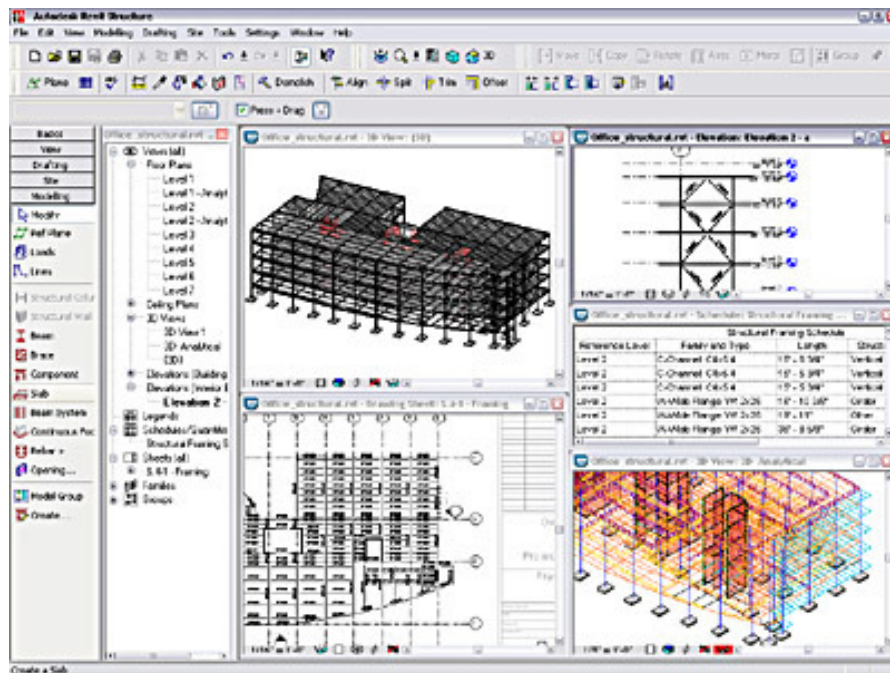
A tecnologia CAM – “Computer Aided Manufacturing”, que associa a projeção arquitetônica com o controle direto pela produção de determinados componentes da construção, também é um tema crescente que merece uma pesquisa mais aprofundada.

A simulação e análise computacional de condicionantes ambientais (iluminação, sombras, conforto térmico, etc.) e estruturais no modelo 3D BIM, também é outro tema interessante a ser estudado. As figuras 9-2 e 9-3 exemplificam a utilização de aplicativos de análise da luz natural e estrutural, à partir do modelo 3D construído no software CADD paramétrico.



**Figura 9-2** – Programa virtual environment: análise da performance da luz natural do edifício com modelo Revit.

**Fonte:** Disponível em: < <http://usa.autodesk.com>>. Acesso em: 05/03/2008.



**Figura 9-3** – Programa Autodesk Revit Structure: análise estrutural do edifício com modelo Revit.

**Fonte:** Disponível em: < <http://usa.autodesk.com>>. Acesso em: 05/03/2008.

Outro tema interessante para futuros trabalhos de pesquisa é a análise da interoperabilidade do sistema BIM , isto é, a capacidade de trocar (formato e linguagem) informações com outros sistemas computacionais.

A análise dos aspectos qualitativos da produção arquitetônica baseada nas novas tecnologias computacionais é um tema complexo que também pode ser explorado em trabalhos futuros.

## 10. REFERÊNCIAS

- ABNT** - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5670: Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro, Dez, 1977, 19 p.
- ABNT** - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.531: Elaboração de projetos de edificações: Atividades técnicas. Rio de Janeiro. 1995, 10 p.
- ALBERTI**, Leon Battista. *The Ten Books of Architecture*. (The 1755 Leoni edition). New York : Dover Publications, 1986.
- ALEXANDER**, C., *The State of Art in Design Methods*. London, DMG Newsletter. 1964.
- ARTIGAS**, J.B. Villanova. *O Desenho. In: Caminhos da Arquitetura*. São Paulo: Ciências Humanas, 1981. Disponível em: <<http://www.gfau.org.br/fabrica/ac/ac20.htm>>. Acesso em: 15/12/2007.
- ARTIGAS**, J.B. Villanova. *A função social do arquiteto*. São Paulo: Nobel, 1989.
- ASBEA** – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura, *Manual de Contratação de Serviços de Arquitetura e Urbanismo*. Editora PINI, São Paulo, 1992, 107 p.
- AUSTIN**, S.; **BALDWIN**, A.; **NEWTON**, A.; *Manipulating the Flow of Design Information to Improve the Programming of Building Design*. In *Construction Management and Economics* n°12. London, 1994, p. 445-455.
- BERNSEN**, Jens. *Design: defina primeiro o problema*. Tradução de Fernando Vugman e Dulce Márcia Cruz. Florianópolis: SENAI/LBDI, 1995, 120 p.
- BONTA**, J.P. *Design method or beaux-arts*. In: *Notes Méthodologiques en Architecture-1*. Centre de Mathématique, Méthodologie, Informatique. Institut de l'Environnement, 1973, p.55.
- BORGES**, M.M.; **NAVEIRO**, R.M., *Projetação e Formas de Representação do projeto*. Revista Escola de Minas vol.54 no.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672001000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 12/12/2007.
- BOUTINET**, Jean-Pierre, *Antropologia do Projeto*. (tradução José Gabriel Rego) Lisboa/Portugal, Instituto Piaget, 1990, 318 p.
- BRANZI**, Andrea. *Projeto Político-Pedagógico do Curso de Graduação em Desenho Industrial*. Campina Grande: UFPB, 2000. Disponível em: <[http://www.cct.ufcg.edu.br/centro/cursos\\_grad/PPPDInd.doc](http://www.cct.ufcg.edu.br/centro/cursos_grad/PPPDInd.doc)>. Acesso em 12/03/2008.

- BRIDGES**, Alan H., *The Challenge of Constraints: A discussion of Computer Applications in Architectural Design*, University of Strathclyde, Glasgow, Reino Unido, 1991.
- BROADBENT**, G. *Diseño Arquitectónico. Arquitectura y Ciencias Humanas*. Barcelona : Gustavo Gili, 1976.
- BUCHANAN**, Richard, "Wicked Problems in Design Thinking," in *The Idea of Design: A Design Issues Reader*, edited by Victor Margolin and Richard Buchanan, Cambridge: MIT Press, 1995, p. 3-20.
- CALAVERA**, J. Human and psychological of the implementation of quality control in constructions. *Management, Quality and Economics in Building*. Editado por Artur Bezelga and Peter Brandon. E & FN Spon, Chapman & Hall. Londres, 1991, p. 484-494.
- CARVALHO**, Gisele L. de; **ALMEIDA**, Iolanda A.C., *A Representação do Projeto Arquitetônico Aliando a Computação Gráfica aos Traçados de Desenhos Tradicionais*. Em: *Anais do XIV Congresso internacional de Engenharia Gráfica*, Santander, Espanha, 2002, 10 p. Disponível em: <<http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/4.pdf>>. Acesso em: 15/12/2007.
- CELANI**, Gabriela, eCAADe'23, *A Busca de Novos Paradigmas para a Geração da Forma Arquitetônica Assistida pelo Computador*, São Paulo, 2006. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br](http://www.vitruvius.com.br)>. Acesso em: 12/03/2008.
- COHEN**, Jonathan, *Object-oriented CAD and Parametric 3D Modeling*, 2004. Disponível em: <<http://www.jcarchitects.com/objectCAD.html>>. Acesso em: 13/03/2008.
- CORNICK**, T. *Quality Management for Building Design*. Londres, Ed.Butterworth, 1991.
- COSTA**, Lúcio. *Considerações sobre arte contemporânea (1940)*. In: *Lúcio Costa, Registro de uma vivência*. São Paulo: Empresa das Artes, 1995, p. 245-258.
- CROSS**, A., *Towards an understanding of intrinsic values of design education*. *Design Studies* 5(1), 1984, p. 31-39.
- CROSS**, N., *Engineering Design Methods. Strategies for product design*. Ed. Wiley, Segunda Edição, Londres, 1994.
- CROSS**, N.; **CHRISTIAANS**, H.; **DORST**, K., *Analysing Design Activity*. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.
- CTE** - CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES, Programa de gestão da qualidade no desenvolvimento de projeto na construção civil. São Paulo: SINDUSCON/CTE, 1997. /Datilografado/.

- DENIS**, R.C., Uma introdução à historia do design. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- EASTMAN**, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Wiley Inc., Hoboken, New Jersey, 2008, 485 p.
- EKUAN**, K., What capabilities should young, graduating designers possess in the current world of design?, ARTUR! The Magazine of Young Design, Issue 3, University of Art and Design, Helsinki, 2002.
- FORMOSO**, C. T.; ABITANTE, A.L.R., BRUSH L.R.F., Desenvolvimento de um Sistema de Gestão da Qualidade e Produtividade em empresas de construção civil de pequeno porte. In: II Seminário Qualidade na Construção Civil – Gestão e Tecnologia. Porto Alegre. 1993. Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil NORIE/UFRGS, 1993, 2V., p. 53-95.
- GATES**, Bill, Revista Veja, Edição Especial: Tecnologias, Editora Abril, agosto, 2007. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia\\_2007/p\\_068.html](http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2007/p_068.html)>. Acesso em 20/12/2007.
- GERO**, John S., MCNEILL, Thomas. An approach to the analysis of design protocols. Design Studies Vol 19 No 1. Elsevier Science Ltd. January 1998, p.21-61.
- GIL**, Antonio. C., *Como elaborar projetos de pesquisas*. São Paulo: Atlas, 2002, 175 p.
- GOEL**, Vinod. *Sketches of Thought*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, London, England, 1995.
- GOLDBERG**, H.E., *AEC From the Ground Up: The Building Information Model :Is BIM the future for AEC design?*, Cadalyst AEC, Nov.1, 2004. Disponível em: <<http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=133495>>. Acesso em 30/07/2007.
- GOMES**, Luiz Vidal Negreiros & STEINER, Ana Amélia. *Debuxo*. 2a Ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997, 136 p.
- GOULETTE**, J-P., *Représentations des connaissances spatiales pour la conception architecturale. Contribution au raisonnement spatiales pour la conception architecturale. Contribution au raisonnement spatial qualitatif*, Thèse (Doctorat) – Université Paul Sabatier – Toulouse III, Toulouse, France, 1997.
- GRAY**, C., HUGHES, W. & BENNETT, J. The Successful Management of Design: a Handbook of Building Design Management, Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading, UK, 1994, 100 p.



- GREGORY**, S A, *The Design Method*. Londres , Butterworth Press, 1966. Ulm Group 4. Papers and Programmes from the Conference on Design Method in Architecture. Ulm : Waltham Technical College, 19.
- HOLANDA**, F. & KOHLSDORF, G.: *Arquitetura como Situação Relacional*. Brasília: FAU-UnB, 1994 (mimeo)\*, Disponível em: <<http://www.unb.br/fau/dimpu/portugues/holandaekohlsdorf.pdf>>. Acesso em: 13/03/2008.
- HOLTZ**, W.B., *The CAD Rating Guide: A Tool for the Evaluation of Computer-Aided Design Systems, Including Fem, Gis, and Animation Systems: A Comprehensive Comparison of over 120 CAD*, 5ª Edição, Penn Well Publishing Company, USA, 1997, 197p.
- HONNECOURT**, V., *Livro da Corporação dos Mestres-Pedreiros*, (Biblioteca Nacional da França), séc. XIII. Disponível em: <<http://www.cgagne.org/villarcg.pdf>>. Acesso em: 26/11/2007.
- HOWELL**, Ian and BATCHELER, Bob, *Building Information Modeling Two Years Later*, 2005, Disponível em <[http://faculty.arch.utah.edu/bim/Website%20Info/Articles/newforma\\_bim.pdf](http://faculty.arch.utah.edu/bim/Website%20Info/Articles/newforma_bim.pdf)>. Acesso em: 13/03/2008
- INGWERSEN**, P. Search procedures in the library: analysed from the cognitive point of review. *Journal of Documentation*, London, v. 38, n. 3, Sept. 1982, p. 165-191.
- JODIDIO**, Philip, *Architecture Now!*, Vol.2, Taschen, 2003, 575 p.
- JUSTI**, Alexander R., *Autodesk Revit 9.0 Building*, Brasport, Rio de Janeiro, 2007, 420 p.
- KELLY**, Kevin, *Revista Veja*, Edição Especial: Tecnologias, Editora Abril, agosto, 2007. Disponível em: < [http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia\\_2007/p\\_046.html](http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2007/p_046.html)>. Acesso em: 20/12/2007.
- KOSKELA**, L.; BALLARD, G.; TANHUNPÄÄ, V., *Towards Lean Design Management*. In. Seminário de Lean Construction, Gold Coast, 16-17 July, 1997, p. 1-12. Disponível em: < <http://www.iglc.net/conferences/1997/papers/LAURI.pdf> >. Acesso em: 15/12/2007 .
- LANGDON**, G.M., *The Designers 3D CAD Challenge 2003: The Event and The Objectives*, 1983. Disponível em <<http://www.architecturalcadd.com/cup/2003/event1001.html>>. Acesso em: 12/12/2007.
- LAWSON**, B. *How Designers Think. The design process demystified*. 3. ed. rev. e amp. Oxford: Architectural Press / Butterworth-Heinemann, 1997. 316p.
- LEE**, G., SACKS R., EASTMAN C., *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system, Automation in Construction*,

- Elsevier, 2005. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/autcon](http://www.elsevier.com/locate/autcon)>. Acesso em: 13/03/2008.
- LOGAN**, Brian “The Structure of Design Problems”, tese de doutorado, University of Strathclyde, Department of Architecture and Building Science, Reino Unido, 1987.
- LUCCA**, R.T. de, *Avaliação de Programas CADD no Setor de Projeto Arquitetônico: Etapas Legais de Projeto*, Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1999, 151 p.
- MACHADO**, R.L. *A gestão da qualidade total como instrumento viabilizador da implantação das ações e estratégias da filosofia lean production*. PPGEP – UFSC. Florianópolis, 1998. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998\\_ART033.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998_ART033.pdf)>. Acesso em: 05/12/2007.
- MARIM**, Marcelo, *Universidade avalia sistemas para projetos arquitetônicos*. Revista CADDDesign, São Paulo, 1997, n.º 20, p.58-59.
- MARKUS**, T., ARCH, M. *Optimisation by Evaluation in the Appraisal of Buildings*. In Hutton, G.H. and Devonal, A.D.G. (ed.). Value in Building. 1973, p. 82-111.
- MASI**, Domenico. *Por que o mundo está tão desorientado*, Revista Época, 3 Set. 2007, p. 92.
- MATEUS**, M.; WATSON, I.; AOUAD, G. GRILO, A. *An interpretive methodology for IS strategy development in project management*. In: Proceedings of Construction on the Information Highway, Slovenia, 1996, p.369-382. Disponível em: <<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-1996-369.content.pdf>>. Acesso em: 13/12/2007.
- MEDEIROS**, Heloísa, *Projetos Integrados*, Revista TÉCNICA, n.º 109, Editora PINI, Abril 2006, p. 44-50. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/109/artigo31724-1.asp>>. Acesso em: 12/12/2007.
- MELHADO**, S. B. *Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. Tese de Doutorado – POLI/USP. São Paulo, 1994, 294 p. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/silviobm/2003\\_TESE%20SILVIO%20MELHADO%201994\\_revival.pdf](http://www.pcc.usp.br/silviobm/2003_TESE%20SILVIO%20MELHADO%201994_revival.pdf)>. Acesso em: 10/12/2007.
- MELHADO**, S.B. *Gestão da qualidade: importância do projeto para a competitividade na construção de edifícios*. In: Workshop nacional tendências relativas à gestão da qualidade na construção de edifícios, 1997, São Paulo, Anais... São Paulo, EPUSP, 1997. p.1-3
- MELHADO**, S.; FABRÍCIO, M.; BAÍA, J.; *Estudo do Fluxo de Projetos: Cooperação Seqüencial x Colaboração Simultânea*, SIBRAGEO, 1999, 10 p. Disponível

em: <<http://www.eesc.usp.br/sap/docentes/fabricio/SIBRAGEQ99-ES.pdf>>.  
Acesso em: 12/02/2008

**MELLO**, Chico Homem de, *Signofobia. Coleção Textos de Design*. São Paulo, Rosari, 2005, p. 18-25. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq075/arq075\\_01.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq075/arq075_01.asp)>. Acesso em: 12/03/2008.

**MESSEGUER**, A. G., *Controle e Garantia da Qualidade na Construção*. Tradução de Antônio Carmona Filho, Paulo Roberto do Lago Helene, Roberto José Falcão Bauer. SINDUSCON SP – PROJETO-PW, São Paulo, 1991, p. 29-39.

**MONEDERO**, Javier, *Automation in Construction: Parametric design: a review and some experiences*, Elsevier, Barcelona, Spain, May 2000. Disponível em: <<http://info.tuwien.ac.at/ecaade/proc/moneder/moneder.htm>>. Acesso em 20/02/2008.

**MONGE**, G. *Géométrie Descriptive*. Leçons donnés aux Écoles Normales, l'na 3 de La Republique. Paris: Baudoin, 1799. Paris: Jacques Gabay, 1989.

**MOORE**, Gordon E., Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965

**MUSTOE**, Julian “Artificial intelligence and its application in architectural design”, Tese de Doutorado, University of Stratchclyde, Glasgow, Reino Unido, (extrato do Capítulo I), 1990, 9 p.

**NAVEIRO**, R.M. & MEDEIROS, L.M.S. - Ensino do projeto de engenharia e projeto no ensino da engenharia: aproximações e distanciamentos. CD-ROM do XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 99, p. 2155-2162, ABENGE, Natal, 1999. Disponível em: <[HTTP://www.schds.com.br/htdocsOld/index.php?schds\\_secao=textos&schds\\_pg=7](http://www.schds.com.br/htdocsOld/index.php?schds_secao=textos&schds_pg=7)>. Acesso em: 15/11/2007.

**NEUMEYER**, Fritz. Miens van deer Roche – *Das Unclose Worth – Geake our Baucus*. Berlin, Seeler, 1986.

**OLIVEIRA**, Beatriz S. de, *A Construção de um Método para a Arquitetura: Procedimentos e Princípios em Vitruvio, Alberti e Duran.*, São Paulo, 2002, 98 p. Disponível em: < <http://www.midiadesign.com.br/metodo/metodo.pdf>>. Acesso em: 28/11/2007.

**OLIVEIRA**, Vanderlí F. Texto: Projeto de Engenharia (Projetação), 2001. Disponível em: <<http://www.engprod.ufjf.br/vanderli/textos/projeta.doc>>. Acesso em: 18/02/2008.

**OLIVEIRA**, Vanderlí F. *A Implantação de Sistemas CAD em Empresas de Engenharia*, Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1993

**OSTROWER**, F., *Criatividade e Processos de Criação*, 6ª Edição, Editora Vozes, Petrópolis, 1987, 200 p.

- PALADINI**, E.P. *Gestão da Qualidade no Processo: A qualidade na produção de bens e serviços*. São Paulo – SP, Ed. Atlas, 1995, 286 p.
- PERALTA**, A.C., *Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte*. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis, 2002, 133 p. Disponível em: < <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Eng%20Simultanea.pdf>>. Acessado em: 12/12/2007.
- PERRAULT**. *The Ten Books on Architecture*, de VITRUVIUS, corrigido e traduzido em 1684 por Claude Perrault. Liège: Pierre Mardaga, 1988.
- PICCHI**, F. A., *Sistemas de Gestão da Qualidade: Uso em Empresas de Construção de Edifícios*. Tese de Doutorado, POLI/USP, 1993, 462 p.
- PSQ** - Programa Setorial da Qualidade: Setor de Projetos. São Paulo, AsBEA/ ABECE/ IAB-SP/ SINDISTALAÇÃO/ SINAENCO, 1997, 37 p.
- REGO**, Rejane de M., *As naturezas cognitiva e criativa da projeção em arquitetura: reflexões sobre o papel mediador das tecnologias*, artigo, Revista Escola de Minas, vol.54 n.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-4672001000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-4672001000100006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10/02/2008.
- RIBA** (Royal Institute of British Architects). *Handbook of Architectural practice and Management*, Londres, 1980.
- RITTEL**, Horst Der Planungsprozess als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung. Stuttgart: Karl Krämer Verlag. 1970.
- RITTEL**, H.W.J. *On the planning crisis: systems analysis of the “first and second generation”*; BERDIFTSOKONOMEN, N.8, 1972, p. 390-396.
- RITTEL**, H.W.J. *Some principles for the design of an educational system for design*; DMG-DRS Journal: Design Research and Methods, Vol. 7, nº. 2, 1973.
- SACKS**, Rafael, EASTMAN, Charles M., LEE, Chang, *Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete*. College of Architecture, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, 2003. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/autcon](http://www.elsevier.com/locate/autcon)>. Acesso em: 12/03/2008.
- SAMPAIO**, A.; BORDE, A., *Será que na Era Digital o Desenho Ainda é a Marca Pessoal do Arquiteto?*, 4º SIGraDI, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://cumincades.scix.net/data/works/att/ba3a.content.pdf>>. Acesso em: 12/02/2008.
- SCHEER**, David R., *Building Information Modeling: What About Architecture?*, Artigo para University of Utah, 2005, 7 p. Disponível em: <[www.bim.utah.edu/Website%20Info/Articles/BIM%20What%20About%20Architecture.doc](http://www.bim.utah.edu/Website%20Info/Articles/BIM%20What%20About%20Architecture.doc)>. Acessado em: 12/12/2007.

- SCHÖN**, D. A. *Designing: rules, types and worlds*. Design Studies, Butterworth & Co (publishers) Ltda. n.10, jul. 1998, p.181-190.
- SEBRAE/SINDUSCON – PR** (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná). Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos, Curitiba, 1995.
- SELLTIZ**, Claire et Alli. *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: Herder, 1967.
- SERRA**, Geraldo G., *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: Guia Prático para o Trabalho de Pesquisadores de Pós-graduação*, EdUSP : Ed. Mandarim, São Paulo, 2006, 256 p.
- SIMON**, H. A., *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA. MIT Press, 1969.
- SOUZA**, R. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. São Paulo, Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, 1997, 46 p. Disponível em: < <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/btpcc190.pdf>>. Acesso em: 13/11/2007.
- TATUM**, C. B. Management Challenges of Integrating Construction Methods and Design Approaches. In: *Journal of Management in Engineering*, v. 5. n. 2, abr, 1989, p. 139–154.
- THIOLLENT**, M J M, Os processos cognitivos e normativos da tecnologia e suas implicações na pesquisa e no ensino. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 94, P. Alegre, 1994, p. 373-381.
- TSCHUMI**, B., *Architecture and Disjunction*. Cambridge, MIT Press. 1994.
- TUFFANI**, E., *Estudos Vitruvianos*. HVF Representações, São Paulo, 1993.
- TZORTZOPOULOS**, Patrícia. *Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999, 163 p.
- VITRUVIUS**, Marcus P.. *The Ten Books on Architecture*, traduzido por Morris Hicky Morgan, Harvard U P 1914 – reproduzido como um artigo em 1960, New York: Dover Publications Inc.
- WATSON**, James Dewey, and CRICK Francis Harry Compton. *A Structure of Deoxyribose Nucleic Acid*. WILKINS, M.F.H., A.R. STOKES, and H.R. WILSON. Molecular Structure of Deoxypentose Nucleic Acids. FRANKLIN, Rosalind E., and R.G. GOSLING. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. Republicado do Nature, vol. 171, 25 Abril, London, Macmillan, 1953 p. 737.

**ZEVI, B.**, *Saber Ver a Arquitetura*, 5ª Edição, (Tradução M.I Gaspar e G. M. de Oliveira). São Paulo: Martins Fontes, 1996, 288 p.

## **SITES CONSULTADOS DURANTE O ANO DE 2007 e 2008**

<http://www.architecturalcadd.com/weblinks.html>

[www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org)

[www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org)

[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

[www.bentley.com](http://www.bentley.com)

[www.grphisoft.com](http://www.grphisoft.com)

[www.nemetschek.com](http://www.nemetschek.com)

[www.solibri.com](http://www.solibri.com)

[www.aec.cadalyst.com](http://www.aec.cadalyst.com)

[www.cadserver.co.uk](http://www.cadserver.co.uk)

[www.caddigest.com](http://www.caddigest.com)

[www.sigmadesign.com](http://www.sigmadesign.com)

[www.micrograf.com](http://www.micrograf.com)

[www.ralaw.com](http://www.ralaw.com)

[www.aecbytes.com](http://www.aecbytes.com)

[www.laiserin.com](http://www.laiserin.com)

[www.arquiclu.blogspot.com](http://www.arquiclu.blogspot.com)

[www.faculty.arch.utah.edu](http://www.faculty.arch.utah.edu)

[www.aia.org](http://www.aia.org)

[www.iai.org.uk](http://www.iai.org.uk)

[www.wbdg.org](http://www.wbdg.org)

<http://www.architecturalcadd.com/cup/gallery/2003gallery.html>

## ANEXO I – LISTAGEM DE SOFTWARES

Na tabela abaixo, foram listados os softwares CADD arquiteturais e os softwares CADD de uso geral.

Tabela 17 - Listagem dos softwares CADD

SOFTWARE	FABRICANTE	SITE
ACIS 3D Modeler	Spacial Technologies	<a href="http://www.spatial.com">http://www.spatial.com</a>
AllPlan	Nemetschek	<a href="http://www.allplan-usa.com">http://www.allplan-usa.com</a>
APDesign	CADSOFT Inc.	<a href="http://www.cadsoft.com/prod_apdesign.html">http://www.cadsoft.com/prod_apdesign.html</a>
Aperture	Aperture Technologies Inc.	<a href="http://www.aperture.com">http://www.aperture.com</a>
ARC+	ACA Architecture & Computer Aids Ltd.	<a href="http://www.arc-techno.com/products/en/products.htm">http://www.arc-techno.com/products/en/products.htm</a>
ArchiBus	ArchiBus Inc.	<a href="http://www.archibus.com">http://www.archibus.com</a>
ArchiCAD	Graphisoft Inc.	<a href="http://www.graphisoft.com">http://www.graphisoft.com</a>
ArchiDesign	BAGH	<a href="http://www.Architrion.com">http://www.Architrion.com</a>
ArchiTECH.PC	SoftCAD International	<a href="http://www.softcad.com">http://www.softcad.com</a>
Architrion	BAGH	<a href="http://www.Architrion.com">http://www.Architrion.com</a>
ArchPro	Design Automation	<a href="http://www.archpro-da.com/products.html">http://www.archpro-da.com/products.html</a>
ArchT	IntelliCAD Consortium Autodesk	<a href="http://www.autodsys.com/">http://www.autodsys.com/</a>
ARRIS	Sigma Design International	<a href="http://www.arriscad.com">http://www.arriscad.com</a>
AutoArchitect	SoftDesk Inc. (Autodesk AEC)	Autodesk AEC
<b>AutoCAD</b>	Autodesk Inc.	<a href="http://www.autodesk.com">http://www.autodesk.com</a>
Autodesk Architectural Desktop	Autodesk AEC	<a href="http://www.autodesk.com">http://www.autodesk.com</a>
<b>Bentley Architecture</b>	Bentley Systems Inc.	<a href="http://www.bentley.com">http://www.bentley.com</a>
BOA	BOA Research	<a href="http://www.BOA-Research.com">http://www.BOA-Research.com</a>
Bricsnet Architecturals	Bricsnet	<a href="http://www.bricsnet.com">http://www.bricsnet.com</a>
BuildersCAD	Sigma Design International	<a href="http://www.arriscad.com">http://www.arriscad.com</a>
CADKEY	CADKEY Corp.	<a href="http://www.cadkey.com">http://www.cadkey.com</a>
CADSOFT Build	CADSOFT Corp.	<a href="http://www.cadsoft.com/prod_build.html">http://www.cadsoft.com/prod_build.html</a>
Cadvance	FIT	<a href="http://www.cadvance.com">http://www.cadvance.com</a>
Catia	IBM and Dassault Systemes	
ChiefArchitect	ART (Advanced	<a href="http://www.chiefarch.com">http://www.chiefarch.com</a>

	Relational Technologies)	
DataCAD	DataCAD LLC	<a href="http://www.datacad.com">http://www.datacad.com</a>
DataCAD Plus	DataCAD LLC	<a href="http://www.datacad.com">http://www.datacad.com</a>
DenebaCAD	Deneba Software Inc.	<a href="http://www.acdamerica.com/products/denebaacad2/default.html">http://www.acdamerica.com/products/denebaacad2/default.html</a>
DenebaCAD	Deneba Software Inc.	<a href="http://www.deneba.com">http://www.deneba.com</a>
DesignCAD		
DesignWorkshop	Artifice Inc.	<a href="http://artifice.com/foyer.html">http://artifice.com/foyer.html</a>
Drawbase	Drawbase Inc.	<a href="http://www.drawbase.com/">http://www.drawbase.com/</a>
DynaCADD	Ditek Software Corp.	<a href="http://www.ditek.com">http://www.ditek.com</a>
EasyCAD	Evolution Computing, Inc.	<a href="http://www.fastcad.com">http://www.fastcad.com</a>
Facade	Facade Inc.	<a href="http://www.facade3d.com">http://www.facade3d.com</a>
FastCAD	Evolution Computing, Inc.	<a href="http://www.fastcad.com">http://www.fastcad.com</a>
FelixCAD		
<b>FormZ</b>	Autodessys Inc.	<a href="http://www.formz.com">http://www.formz.com</a>
GDS	GDS Corp.	<a href="http://www.gdscorp.com">http://www.gdscorp.com</a>
IntelliCAD	IntelliCAD Technology Consortium	<a href="http://www.intellicad.org">http://www.intellicad.org</a>
Intergraph Imagineer	Intergraph	<a href="http://www.intergraph.com">http://www.intergraph.com</a>
MicroGDS	GDS Corp.	<a href="http://www.gdscorp.com">http://www.gdscorp.com</a>
MicroStation	Bentley Inc.	<a href="http://www.bentley.com">http://www.bentley.com</a>
MicroStation TriForma	Bentley Systems Inc.	<a href="http://www.bentley.com">http://www.bentley.com</a>
MiniCAD (VectorWorks)	Nemetschek NA	<a href="http://www.diehlgraphsoft.com">http://www.diehlgraphsoft.com</a>
PowerCADD	Engineered Software	<a href="http://www.engsw.com/webpage_content.html">http://www.engsw.com/webpage_content.html</a>
Project Architect	Intergraph	<a href="http://www.intergraph.com">http://www.intergraph.com</a>
RealArchitect	Robert McNeel & Associates	<a href="http://www.realarchitect.com">http://www.realarchitect.com</a>
RealCADD		
<b>Revit Architecture</b>	Autodesk Inc.	<a href="http://www.revit.com">http://www.revit.com</a>
SGL	Silicon Graphics	<a href="http://www.sgi.com">http://www.sgi.com</a>
SmartArchitect	Smartarchitect	<a href="http://www.smartarchitect.com">http://www.smartarchitect.com</a>
SoftPlan	SoftPlan Inc.	<a href="http://www.softplan.com">http://www.softplan.com</a>
SolidBuilder	Digital Canal	<a href="http://www.digitalcanal.com/sb.shtml">http://www.digitalcanal.com/sb.shtml</a>
SpiritUSA	Spirit USA	<a href="http://www.softtech.com/spirit12.htm">http://www.softtech.com/spirit12.htm</a>
TurboCAD	IMSI	<a href="http://www.imsisoft.com">http://www.imsisoft.com</a>
Vdraft	Vdraft	<a href="http://www.vdraft.com">http://www.vdraft.com</a>
Vellum	Ashlar Inc.	<a href="http://www.ashlar.com">http://www.ashlar.com</a>



VectorWorks	Nemetschek NA	<a href="http://www.nemetschek.net">http://www.nemetschek.net</a>
VectorWorks Architect	Nemetschek NA	<a href="http://www.nemetschek.net">http://www.nemetschek.net</a>
VersaCAD	Archway Systems, Inc.	<a href="http://www.versacad.com">http://www.versacad.com</a>
VisionRez	Ameri-CAD	<a href="http://www.visionrez.com">http://www.visionrez.com</a>
VisualCAD	Visualcad	<a href="http://www.visualcad.com">http://www.visualcad.com</a>
VisioTechnical	Microsoft	<a href="http://www.microsoft.com">http://www.microsoft.com</a>
20-20	20-20 Technologies Inc.	<a href="http://www.2020technologies.com/us-eng/20-20CAD/index.aspx">http://www.2020technologies.com/us-eng/20-20CAD/index.aspx</a>

Na tabela abaixo, foram listados os principais software de renderização de modelos arquitetônicos.

**Tabela 08:** Listagem de renderização

<b>SOFTWARE</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>SITE</b>
3D StudioMax	Autodesk Inc.	<a href="http://www.autodesk.com">www.autodesk.com</a>
Viz	Autodesk Inc.	<a href="http://www.autodesk.com">www.autodesk.com</a>
AccuRender	Robert McNeel & Assoc.	<a href="http://www.mcneel.com/accurender/accuren2.html">http://www.mcneel.com/accurender/accuren2.html</a>
Arcon	DataCAD LLC	<a href="http://www.datacad.com">http://www.datacad.com</a>
ArchitecturalStudio	Autodesk Inc.	<a href="http://www.autodesk.com">http://www.autodesk.com</a>
DesignWorkshop	Artifice Inc.	<a href="http://artifice.com/foyer.html">http://artifice.com/foyer.html</a>
FormZ Renderzone	Autodessys Inc.	<a href="http://www.formz.com">http://www.formz.com</a>
Masterpiece	Bentley Systems Inc.	<a href="http://www.bentley.com/products/triforma">http://www.bentley.com/products/triforma</a>
MegaModel	Design Futures Inc.	<a href="http://www.designfutures.com">http://www.designfutures.com</a>
ModelView	Bentley Systems Inc.	<a href="http://www.bentley.com/products/triforma">http://www.bentley.com/products/triforma</a>
Mok3	Mok3 Inc.	<a href="http://www.mok3.com">http://www.mok3.com</a>
Piranesi	Informatix Software Int.	<a href="http://www.informatix.co.uk">http://www.informatix.co.uk</a>
RenderWorks	Nemetschek NA	<a href="http://www.vectorworksarchitect.com">http://www.vectorworksarchitect.com</a>
Rhinoceros	McNeal Assoc.	<a href="http://www.rhino3d.com">http://www.rhino3d.com</a>
SketchUp	@Last Software	<a href="http://www.sketch3d.com">http://www.sketch3d.com</a>
SoftCAD 3D	SoftCAD International	<a href="http://www.softcad.com">http://www.softcad.com</a>
StudioTools	Alias Wavefront	<a href="http://www.aliaswavefront.com">http://www.aliaswavefront.com</a>
TrueSpace	TrueSpace	<a href="http://www.zdnet.com/pcmag/features/software/1519/_open.htm">http://www.zdnet.com/pcmag/features/software/1519/_open.htm</a>
Zoom	Abvent	<a href="http://www.abvent.com">http://www.abvent.com</a>
EZ	Sigma Design International	<a href="http://www.ezmeeting.com">http://www.ezmeeting.com</a>

## ANEXO II – TAREFA PADRÃO

### 1. Introdução

Um cliente está contratando você para elaborar rapidamente um projeto arquitetônico de um **Posto de Informações Turísticas** que será utilizado como padrão para ser construído em vários locais da cidade como: parques, praças, rodovias de acesso, pontos turísticos, etc.

O **Posto de Informações Turísticas** terá apenas um ambiente onde os turistas serão atendidos e receberão todo tipo de informações turísticas sobre a cidade, tais como: mapas, pontos de interesse, hospedagem, alimentação, passeios, transporte, lazer, esporte.

O cliente já definiu as seguintes características em relação ao projeto:

- a) Planta baixa quadra, com dimensões internas de 6,00 x 6,00 m;
- b) Pé-direito de 4,50 m;
- c) Sistema estrutural (vigas e pilares) em concreto armado não aparente;
- d) Cobertura em laje de concreto armado com espessura de 12 cm e beiral com largura de 1,00 m;
- e) Três fachadas cegas, com as paredes de alvenaria em tijolo furado, revestida (emassada e pintada), com espessura final acabada de 15 cm;
- f) A quarta fachada será um pano de vidro estruturado com colunas em alumínio com perfil retangular de 5 x 10 cm, e modulação entre 50 cm e 1 m. Os vidros desta fachada serão do tipo temperado fumê, com espessura de 10 mm;
- g) Na fachada cega oposta à fachada de vidro haverá uma porta dupla, com comprimento de 2,00 m (1,00 m cada folha), abrindo para dentro. Essa porta será em vidro temperado fumê, com

2,10m de altura e 10 mm de espessura. A bandeira sobre a porta terá 90 cm de altura, em vidro igual da porta;

h) A cota de soleira deverá estar a 20 cm acima do terreno natural nivelado;

i) O piso interno será em cerâmica tipo porcelanato com 60 x 60 cm;

## 2. **Primeira Parte da Tarefa**

Sendo assim, você terá que preparar e imprimir (papel A4) os produtos necessários para apresentar esse projeto arquitetônico em duas reuniões com públicos bem distintos.

A primeira reunião será com um grupo de empreendedores, que tem grandes dificuldades para entender desenhos técnicos de projeto e por isso serão necessários produtos de fácil compreensão ao público leigo, como perspectivas e modelos tridimensionais.

A segunda reunião será para uma equipe técnica de engenheiros e arquitetos que serão responsáveis pela execução da obra, e por isso serão necessários produtos técnicos, como planta baixa, cortes e fachadas.

## 3. **Segunda Parte**

Diante das críticas apresentadas nas referidas reuniões já realizadas, o cliente decidiu que seria necessário que você executasse as seguintes alterações no projeto original:

a) Alteração das dimensões da planta baixa para 5,00 x 5,00 m;

b) Alteração do pé-direito para 5,00 m;

c) Alteração da largura da porta dupla para de 1,80 m (90 cm cada folha)

## 4. **Terceira Parte**

Nas referidas reuniões o cliente também identificou a necessidade, e solicitou a você que incluísse nos produtos

elaborados, pelo menos um bloco (mobiliário, objeto ou pessoa) junto à edificação para a melhor percepção de sua escala.

#### 5. **Quarta Parte**

O cliente também demonstrou interesse em apresentar algumas informações complementares (planilhas, especificações, simulações, etc.) sobre o empreendimento que pudessem ser extraídas rapidamente dos produtos já prontos, e solicitou para você imprimi-las.

#### 6. **Entrega Final**

Assim, para a entrega final do trabalho você terá que imprimir (papel A4) novamente os produtos da primeira parte da tarefa, com as alterações e inclusões realizadas.

## **ANEXO III – FORMULÁRIO PADRÃO**

### **1. IDENTIFICAÇÃO DO AVALIADO**

- 1.1. Nome:
- 1.2. Endereço:
- 1.3. Telefone:
- 1.4. Identidade:
- 1.5. CREA: *email:*

### **2. FORMAÇÃO DO AVALIADO**

- 2.1. Formação específica:
- 2.2. Instituição de formação:
- 2.3. Tempo de profissão:
- 2.4. Local de Trabalho:

### **3. SOFTWARE DE TRABALHO;**

- 3.1. Software utilizado nessa avaliação:
- 3.2. Grau de domínio nesse software:
- 3.3. Tempo que utiliza esse software:
- 3.4. O software que será utilizado nesse trabalho foi modificado, em relação à configuração original de fábrica, para otimização de tarefas?

### **4. CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO**

- 4.1. Data de realização da avaliação?
- 4.2. Horário de início e término da avaliação?
- 4.3. Local onde a avaliação foi aplicada?

### **5. SOBRE O TEMA**

- 5.1. Quais os seus conhecimentos sobre os sistemas BIM – Building Information Modeling?
- 5.2. Quais são os seus conhecimentos sobre funções ou comandos “paramétricos”?

5.3. A atividade de projeção com sistemas computacionais será muito diferente daqui a 10 anos?

## **6. ANÁLISE DA PRIMEIRA PARTE DA TAREFA PADRÃO**

6.1. Quais os produtos gráficos (2D e 3D) que serão elaborados para o cumprimento da primeira parte dessa tarefa? E em que ordem eles serão executados?

6.2. A primeira parte dessa tarefa será executada somente com o software avaliado? (caso “sim” passe para a questão 6.4)

6.3. Qual outro software será utilizado para auxiliar a execução da primeira parte dessa tarefa? E ele será utilizado com que finalidade?

6.4. O software utilizado nesse trabalho permite que as informações gráficas digitais do elemento parede do projeto sejam associadas às informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas)? (Caso “não” passe para a questão 5.11.)

6.5. Quantas informações não-gráficas puderam ser associadas (parametrizadas) à representação gráfica digital do elemento parede desse projeto, excetuando as suas três dimensões básicas (comprimento, largura e altura)?

6.6. Esse software permite que as representações gráficas digitais dos demais elementos (portas, janelas, pisos, etc.) desse projeto também possam ser associadas (funções paramétricas) com informações não-gráficas, além de suas dimensões básicas?

6.7. Esse software exige que as informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas) sejam definidas no ato do lançamento (desenhar) digital dos elementos de projeto (paredes, portas, janelas, pisos, cobertura, etc.)?

6.8. As informações não-gráficas (materiais, detalhes, etc.) definidas pelo cliente nesse projeto, estavam disponíveis na biblioteca original (default) desse software ou tiveram que ser acrescentadas ou configuradas?

6.9. Nesse software, as opções originalmente disponíveis (default) para as informações não-gráficas dos elementos mais comuns (paredes,

portas, janelas, telhas, etc.) de projeto contemplam os materiais e soluções dos sistemas construtivos tradicionais utilizados e comercializados no Brasil?

6.10. Nesse software a inclusão de novas informações não-gráficas (padrões de materiais, detalhes e características físicas reais) é um procedimento simples e amigável?

6.11. Esse software permite que a primeira parte dessa tarefa seja executada de outras maneiras?

6.12. O conjunto de informações gráficas e não-gráficas fornecidas pelo cliente foi suficiente para a execução dessa primeira parte da tarefa?

## **7. ANÁLISE DA SEGUNDA PARTE DA TAREFA PADRÃO**

7.1. Na atividade de projeção arquitetônica é comum a execução de alterações nos desenhos elaborados?

7.2. Quais produtos gráficos elaborados na primeira parte dessa tarefa precisarão ser individualmente alterados para o cumprimento das alterações propostas pelo cliente?

7.3. Resumidamente, como as alterações propostas serão executadas com esse software?

## **8. ANÁLISE DA TERCEIRA PARTE DA TAREFA PADRÃO**

8.1. O software possui uma boa (quantidade e qualidade) biblioteca original (default) de elementos 2D e 3D?

8.2. O mercado (internet, indústria, etc.) vem disponibilizando blocos para esse software?

8.3. O procedimento de inserção de blocos desse software é simples e amigável?

8.4. Os blocos inseridos com esse software permitem a associação (parametrização) de informações não gráficas? (Caso “não” passe para a questão 9.1.)

8.5. Quantas informações não-gráficas puderam ser associadas (parametrizadas) à representação gráfica digital do bloco inserido no projeto?

**9. ANÁLISE DA QUARTA PARTE DA TAREFA PADRÃO**

- 9.1. O software possui recursos que permitem, a partir dos produtos gráficos elaborados, a geração de maneira “automática” (em poucos comandos e sem grandes configurações) de informações adicionais não gráficas (planilhas, especificações, etc.)? (Caso “não”, passe para a questão 10.1.)
- 9.2. Quais informações adicionais não gráficas puderam ser geradas neste software?

**10. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- 10.1. A tarefa apresentada nesse exercício representa as atividades cotidianas de projeção arquitetônica?
- 10.2. Qual é o grau de dificuldade da tarefa apresentada?

**11. OBSERVAÇÕES FINAIS**

- 11.1. Observações finais (livre) do avaliado?
- 11.2. Observações finais (livre) do avaliador?



## ANEXO IV – COMPILAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS FORMULÁRIOS

Tabela 18 - Compilação das informações dos formulários

COMPILAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS FORMULÁRIOS		
QUESTIONAMENTO	USUÁRIO DO SOFTWARE	QUANTIDADE DE RESPOSTAS
<b>5. Sobre o tema</b>		
<b>5.1. Quais os seus conhecimentos sobre os sistemas BIM – Building Information Modeling?</b>		
Nenhum.	12	<b>AUTOCAD</b>
Já escutei o nome, mas não sei o que é.	1	
Nunca ouvi falar.	2	
Avançados.	3	<b>REVIT Arc.</b>
Avançados, pois estou fazendo a monografia do curso de especialização nesse assunto.	1	
Avançado, pois estou fazendo a dissertação do curso de mestrado no tema BIM.	1	
Somente uma noção geral.	3	
Básicos obtidos no curso de especialização.	1	
Superficial	1	
Nenhum.	5	
<b>5.2. Quais são os seus conhecimentos sobre funções ou comandos “paramétricos”?</b>		
Nenhum.	11	<b>AUTOCAD</b>
Básico	3	
Intermediário.	1	
Avançados.	4	<b>REVIT Arc.</b>
Avançado, pois estou fazendo a dissertação do curso de mestrado no tema BIM.	1	
O básico para utilizar o software.	7	
Elementares	1	
Nenhum.	2	
<b>5.3. A atividade de projeção com sistemas computacionais será muito diferente daqui a 10 anos?</b>		
Sim.	3	<b>AUTOCAD</b>
Sim. Será diferente e seguirá a tecnologia BIM	2	
Sim. Será projetando como vídeo game.	1	
Sim.Com certeza. O sistema atual é muito trabalhoso e precisa ser melhorado	1	
Sim. Muito diferente	3	
Sim. A lógica do autocad ainda é muito rudimentar.	1	
Acredito e espero que sim	2	

Loucamente. A computação está avançando muito rapidamente.	1	
Não, já está bem evoluído.	1	
A tecnologia computacional atual ainda está num estágio muito primário. Os softwares serão amigáveis suficientes para uma criança manipular.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Certamente, cada vez mais os softwares serão parametrizados.	1	
Muito, muito, muito. Inclusive a atual interface: o papel.	1	
Sim.	4	
Sim, porque já estamos trabalhando dessa forma há 2.000 anos, e existe muita coisa nova e seria besteira não utilizá-las	1	
Não há dúvida disso.	2	
Provavelmente, e o REVIT é o início da mudança, principalmente da maneira de pensar.	1	
Sim, mas as grandes mudanças já aconteceram. Agora será mais adaptações ao processo de trabalho dos arquitetos.	1	
Com certeza, e não há dúvida que os conceitos do REVIT estão nesse caminho.	2	
Sim. Há uma tendência constante para que os sistemas computacionais evoluam cada vez mais.	1	
<b>6. Análise da primeira parte da tarefa padrão</b>		
<b>6.1. Quais os produtos gráficos (2D e 3D) que serão elaborados para o cumprimento da primeira parte dessa tarefa? E em que ordem eles serão executados?</b>		
Planta baixa, cortes, fachada, vistas 3D	15	<b>AUTOCAD</b>
O Modelo 3D, e simultaneamente a planta baixa e fachadas, e depois a definição do local dos cortes e do ângulo de vista das perspectivas.	6	<b>REVIT Arc.</b>
O modelo 3D, e quantas vistas, cortes e perspectivas sejam necessárias para a compreensão do projeto.	3	
Modelo 3D, e as demais vistas e cortes são automáticos.	4	
Modelo 3D. A partir dele serão extraídos quantos produtos forem necessários.	2	
<b>6.2. A primeira parte dessa tarefa será executada somente com o software avaliado? (caso "sim" passe para a questão 6.4)</b>		
Sim.	14	<b>AUTOCAD</b>
Não.	1	
Sim.	14	<b>REVIT Arc.</b>
Sim. Mas no dia a dia levaria as vistas 2D para o AutoCAD e o modelo para a finalização no 3D Studio.	1	
<b>6.3. Qual software será utilizado para auxiliar a execução da primeira parte dessa tarefa? E ele será utilizado para que?</b>		

n/a	13	<b>AUTOCAD</b>
3D Studio Max	1	
Sketchup	1	
n/a	15	<b>REVIT Arc.</b>
6.4. Esse software permite que as informações gráficas digitais do elemento parede do projeto sejam associadas às informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas)? (Caso “não” passe para a questão 5.11.)		
Não.	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim.	15	<b>REVIT Arc.</b>
6.5. Quantas informações não-gráficas puderam ser associadas (parametrizadas) à representação gráfica digital do elemento parede desse projeto, excetuando as suas três dimensões básicas (comprimento, largura e altura)?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Materiais de execução e acabamento.	1	<b>REVIT Arc.</b>
A composição real, camada a camada.	2	
As características reais da parede e outras que forem necessárias ou desejáveis.	3	
Suas características construtivas e sua apresentação gráfica.	1	
Podem ser associadas diversas informações como: características físicas, referências (custo, manufatura, descrição etc), materiais construtivos.	1	
Basicamente sua estrutura, seus substratos, associação (atachados) às cotas de níveis, além da marca, custo, fase de execução na obra, e outra infinidade de informações que se queira associar.	1	
Os materiais	3	
Revestimentos e composição	1	
Tipo de material, restrições em relação aos níveis.	1	
Seus atributos reais	1	
6.6. Esse software permite que as representações gráficas digitais dos demais elementos (portas, janelas, pisos, etc.) desse projeto também possam ser associadas (funções paramétricas) com informações não-gráficas, além de suas dimensões básicas?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim.	15	<b>REVIT Arc.</b>
6.7. Esse software exige que as informações não-gráficas (características físicas reais ou construtivas) sejam definidas no ato do lançamento (desenhar) digital dos elementos de projeto (paredes, portas, janelas, pisos, cobertura, etc.)?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim. Mas você pode escolher uma opção "default" qualquer e depois alterá-la.	3	<b>REVIT Arc.</b>
Não. O software permite que se trabalhe com o estudo de massa.	3	
Não. É possível trabalhar com estudo de massa, sem compromisso com as informações construtivas.	3	

Sim, é preciso pelo menos definir que aquele objeto é uma parede e não uma porta.	1	
Sim. É preciso definir algumas informações básicas, mas depois pode mudar.	1	
Sim.	4	
6.8. As informações não-gráficas (materiais, detalhes, etc.) definidas pelo cliente nesse projeto, estavam disponíveis na biblioteca original (default) desse software ou tiveram que ser acrescentadas ou configuradas?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Não. O tipo de parede foi acrescentada (configurada) facilmente, mas o tipo de porta exigiria uma configuração mais complicada e por isso foi escolhida uma porta "parecida".	1	<b>REVIT Arc.</b>
Não especificamente, tendo que ser configuradas de maneira aproximada. O tempo disponível não permitiu uma configuração perfeita.	1	
Não. Tiveram que ser adaptadas das configurações disponibilizadas originalmente.	2	
Não, mas não tem dificuldades para adaptá-las e colecioná-las.	1	
Não, mas com o tempo utilizando o software você vai criando sua própria biblioteca específica.	1	
Não, é possível iniciar o trabalho com o estudo de massa e depois ir definindo as características.	1	
Não iguais, mas podem ser facilmente configuradas.	1	
Sim.	2	
Tiveram que ser acrescentadas.	3	
Não	2	
6.9. Nesse software, as opções originalmente disponíveis (default) para as informações não-gráficas dos elementos mais comuns (paredes, portas, janelas, telhas, etc.) de projeto contemplam os materiais e soluções dos sistemas construtivos tradicionais utilizados e comercializados no Brasil?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
O Revit foi feito para o mercado americano, exigindo que o usuário brasileiro faça configurações iniciais e elabore sua própria biblioteca para trabalhar melhor.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Não. Mas o software não tem que ter esse objetivo, mas sim o de dar liberdade e condições para que o usuário possa criar seus próprios elementos.	1	
Não, mas geralmente trabalha-se com acúmulo de informações de outros projetos.	1	
Certamente não.	2	
Não, e este é um grande problema, principalmente com os elementos estruturais simples, com a viga de concreto.	1	
Não, mas com o tempo utilizando o software você vai criando sua própria biblioteca específica.	1	

Não, mas são facilmente adaptados (editados) para as soluções nacionais.	1	
Não.	6	
Sim, com certas adaptações iniciais.	1	
6.10. Nesse software a inclusão de novas informações não-gráficas (padrões de materiais, detalhes e características físicas reais) é um procedimento simples e amigável?		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim. Mas não é feita no modelo gráfico, mas sim em tabelas configuráveis.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Sim para informações básicas, mas complicado para informações mais complexas.	1	
Sim.	13	
6.11. Esse software permite que a primeira parte dessa tarefa seja executada de outras maneiras?		
Sim	2	<b>AUTOCAD</b>
Sim, mas necessita ter domínio avançado do software e raramente o usuário comum utiliza.	1	
Talvez.	1	
Não.	11	
Sim, é possível importar a planta do AutoCAD e subir as paredes.	2	<b>REVIT Arc.</b>
Sim. Neste experimento foi utilizada uma técnica "massing" que não seria a mais usual.	2	
Sim	10	
Talvez	1	
Não.	0	
6.12. O conjunto de informações gráficas e não-gráficas fornecidas pelo cliente foi suficiente para a execução dessa primeira parte da tarefa?		
Sim.	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim.	15	<b>REVIT Arc.</b>
<b>7. Análise da segunda parte da tarefa padrão</b>		
7.1. Na atividade de projeção arquitetônica é comum a execução de alterações nos desenhos elaborados?		
Sim, muito comum. Gasta muito tempo e produz muitos erros.	3	<b>AUTOCAD</b>
Sim, muito comum.	8	
Sim, e é a atividade que mais gasta tempo e trabalho braçal.	3	
É a rotina. O tempo todo várias alterações são feitas durante a projeção.	1	
Sim. A todo instante estamos fazendo alterações para o cliente, para o projetista de instalações, etc.	5	<b>REVIT Arc.</b>
Sim.	9	
Muito.	1	
7.2. Quais produtos gráficos elaborados na primeira parte dessa tarefa precisarão ser individualmente alterados para o cumprimento das alterações propostas pelo cliente?		

Todos	15	<b>AUTOCAD</b>
Somente o modelo 3D.	14	<b>REVIT Arc.</b>
A simples atualização de um produto atualizará todos os outros.	1	
<b>7.3. Resumidamente, como as alterações propostas serão executadas com esse software?</b>		
Todos os produtos da primeira etapa precisam ser alterados individualmente.	15	<b>AUTOCAD</b>
O modelo 3D será alterado, e automaticamente a planta baixa, corte, fachadas, perspectivas serão atualizadas inclusive na prancha de impressão.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Em qualquer vista 2D ou modelo 3D, não importa.	2	
Alterando-se o modelo 3D.	5	
Como tudo está "linkado", é só executar a alteração uma vez, em uma vista 2D ou no modelo 3D, que todo projeto é atualizado.	3	
O modelo 3D será alterado e tudo mais será atualizado.	3	
As dimensões internas foram alteradas na visualização 2D da planta baixa. O pé direito foi alterado no nível da vista lateral e a porta foi alterada na caixa de informações do elemento.	1	
<b>8. Análise da terceira parte da tarefa padrão</b>		
<b>8.1. O software possui uma boa (quantidade e qualidade) biblioteca original (default) de elementos 2D e 3D?</b>		
O software não possui biblioteca original.	15	<b>AUTOCAD</b>
Extensa, mas não foi feita para o nosso padrão construtivo e a biblioteca de mobiliário não é muito bonita.	1	<b>REVIT Arc.</b>
É simples, mas suficiente e possível de ser editada.	1	
Não. A biblioteca é muito fraca.	4	
Não, mas não precisa mais do que tem.	1	
Não, a parte de esquadrias (portas e janelas) não é boa.	1	
Não.	5	
Possui os elementos básicos, e qualquer coisa mais sofisticada ou diferente precisa ser criada.	1	
Sim.	1	
<b>8.2. O mercado (internet, indústria, etc.) vem disponibilizando blocos para esse software?</b>		
Sim.	11	<b>AUTOCAD</b>
Sim, e existe muita troca entre usuários	3	
Alguns são disponibilizados, mas não o desejável	1	
No Brasil não, mas no exterior as indústrias vem disponibilizando blocos, como no site <a href="http://library.bimworld.com/index.php">http://library.bimworld.com/index.php</a>	2	<b>REVIT Arc.</b>
Não.	3	

Sim. Usamos muita coisa que está disponível na internet, em sites estrangeiros.	1	
Sim, tem muita coisa na internet.	2	
Sim.	3	
Não sei. Disseram-me que algumas empresas nacionais como a DECA e a Sasazaki estão disponibilizando.	1	
Não sei, não acompanho.	3	
<b>8.3. O procedimento de inserção de blocos desse software é simples e amigável?</b>		
Sim.	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim.	14	<b>REVIT Arc.</b>
Sim. Mas temos que considerar que os elementos básicos (paredes, portas, janelas, etc.) podem ser considerados como blocos.	1	
<b>8.4. Os blocos inseridos com esse software permitem a associação (parametrização) de informações não gráficas? (Caso “não” passe para a questão 9.1.)</b>		
Não.	15	<b>AUTOCAD</b>
Alguns, com algumas restrições. Considerando as portas e janelas como blocos, elas teriam bastante informações paramétricas.	2	<b>REVIT Arc.</b>
Sim.	10	
Alguns.	2	
Não sei.	1	
<b>8.5. Quantas informações não-gráficas puderam ser associadas (parametrizadas) à representação gráfica digital do bloco inserido no projeto?</b>		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>
Não sei.	4	<b>REVIT Arc.</b>
Não verificado	1	
Foi inserido um banco de madeira simples, e podem ser alteradas suas dimensões e material, e incluídas outras informações como marca, custo de fabricação etc.	1	
Não respondeu.	9	
<b>9. Análise da quarta parte da tarefa padrão</b>		
<b>9.1. O software possui recursos que permitem, a partir dos produtos gráficos elaborados, a geração de maneira “automática” (em poucos comandos e sem grandes configurações) de informações adicionais não gráficas (planilhas, especificações, etc.)? (Caso “não”, passe para a questão 10.1.)</b>		
Não.	15	<b>AUTOCAD</b>
Sim, facilmente gerados.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Sim, este é o grande diferencial do REVIT	1	
Sim	13	
<b>9.2. Quais informações adicionais não gráficas puderam ser geradas neste software?</b>		
n/a	15	<b>AUTOCAD</b>

O software permite a geração de planilhas com: listagem das áreas dos ambientes da edificação; legendas por tipo de área; listagem de materiais e insumos; informações sobre as portas; cálculo com fórmulas dos dados gerados.	1	<b>REVIT Arc.</b>
Poderiam ser geradas mais informações, mas demandaria um certo tempo que esse experimento não dispõe. Foram geradas planilhas com a área interna do ambiente e outra com informações das paredes.	1	
Foram geradas tabelas com informações sobre as pranchas de desenho elaboradas, sobre o ambiente e sobre os painéis de vidro.	2	
Rapidamente foi gerada uma planilha de portas e outra de paredes, mas se houvesse mais tempo poderiam ser inseridas mais informações e detalhes.	2	<b>REVIT Arc.</b>
Por ser um projeto muito simples, foi gerada apenas uma planilha de portas (ou porta), mas em projetos mais complicados que esta ferramenta se torna mais importante.	1	
Como exemplo, foi gerada uma planilha com informações sobre as paredes do projeto.	1	
Não gerou.	1	
Não uso muito esse recurso e por isso não gerei a planilha.	1	
Não foram geradas planilhas por que precisaria arrumá-las e o tempo não dá	1	
Não respondeu.	4	
<b>10. Considerações finais</b>		
10.1. A tarefa apresentada nesse exercício representa as atividades cotidianas de projeção arquitetônica?		
Sim	14	<b>AUTOCAD</b>
Sim, foi real até demais.	1	
Sim.	15	<b>REVIT Arc.</b>
10.2. Qual é o grau de dificuldade da tarefa apresentada?		
Simples.	15	<b>AUTOCAD</b>
Normal	4	<b>REVIT Arc.</b>
Nenhuma.	1	
Fácil, porém trabalhosa	3	
Simples.	6	
<b>11. Observações pessoais</b>		
11.1. Observações do avaliado (livre)?		
→ É difícil para o arquiteto mudar da ferramenta que domina para iniciar, com baixa produtividade, em outra.	1	<b>AUTOCAD</b>
→ O arquiteto ainda tem muito trabalho braçal para elaborar projetos em autocad		



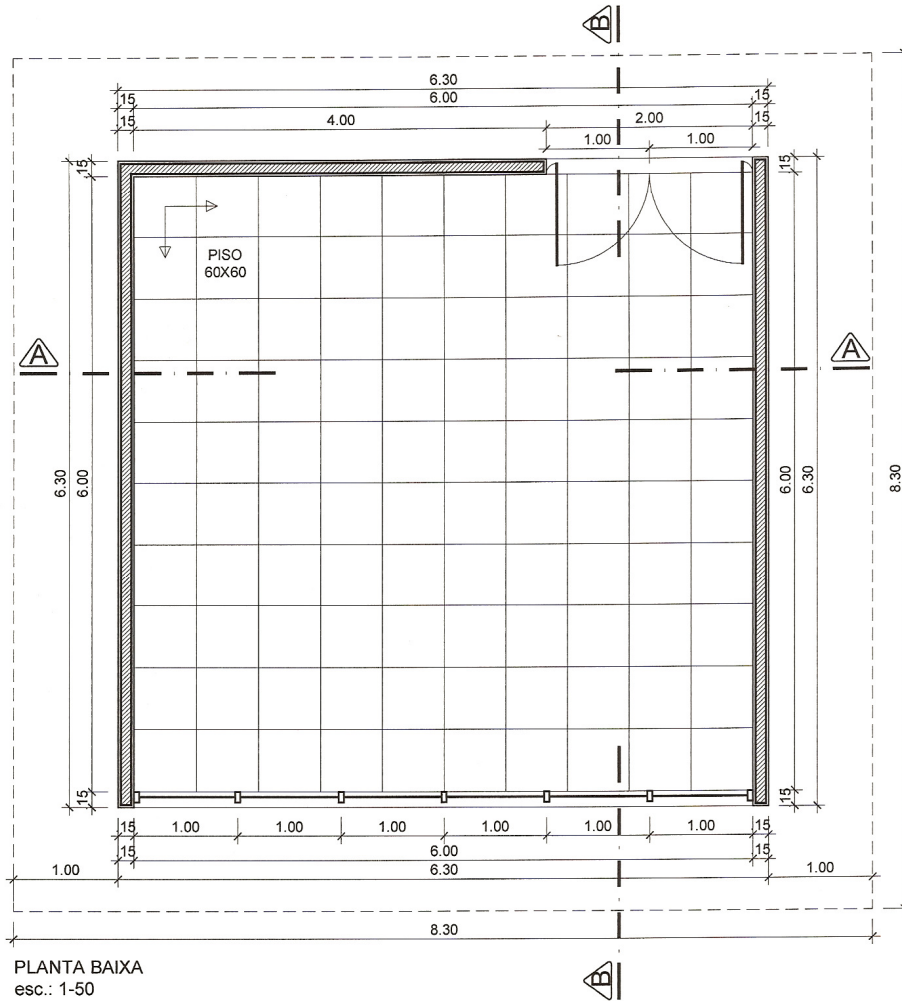
→ Cada dia mais os clientes vem exigindo a apresentação da maquete virtual (modelo 3D) para melhor entendimento do projeto.	1	
→ A discussão sobre o futuro dos softwares utilizados na projeção arquitetônica é muito importante, pois se refere ao nosso ferramental diário de trabalho.	1	
→ Os arquitetos não tem tempo para atualização profissional.	1	
→ O software AutoCAD ocupa uma posição muito importante na história do desenvolvimento da projeção arquitetônica, mas não pode ser considerado como solução definitiva e final.	1	
→ Não comentou nada.	10	
→ O BIM exige um maior contato do projetista com a indústria, o que não acontece no Brasil. Esta é a grande chave da tecnologia BIM.	1	<b>REVIT Arc.</b>
→ Não foi feito o pente fino para arrumar os detalhes de impressão dos produtos pois demandaria muito tempo.		
→ O REVIT foi comprado, faz pouco tempo, pela Autodesk e nos próximos anos deverá melhorar a interface do usuário com o software que ainda é muito "rústica".		
→ A utilização do papel deve diminuir muito, pois é uma mídia muito antiga que só está sendo mantida por tradicionalismo e não por necessidade. O papel será um material caro pois consome recursos importantes como: energia, petróleo, água, madeira.		
→ Os setores de arquitetura da Justiça Federal vai migrar do AutoCAD para o REVIT, iniciando pelo Conselho da Justiça Federal;		
→ Neste primeiro momento os projetos dos prédios da Justiça Federal em Fortaleza e Aracajú serão desenvolvidos totalmente no REVIT.	1	
→ No REVIT, a parte da modelagem de objetos ainda é muito fraca em relação a outros softwares.	1	
→ O REVIT muda a rotina do escritório e dos profissionais.	1	
→ O estagiário tem que ter conhecimentos de construção e informática;		
→ a execução do projeto em 3D, reduz o trabalho do arquiteto;		
→ O estudos preliminar é hoje uma importante fase, onde soluciona-se praticamente tudo;		
→ O formalismo atual que exige a apresentação em vistas ortogonais;		

→ O software possibilita que sejam obtidos quantos cortes, e quantas direções forem desejadas, de maneira instantânea;		
→ Atualmente ainda se leva as vistas geradas no REVIT para o AutoCAD para melhorar a apresentação gráfica, pois a configuração do REVIT ainda é um pouco complicada;		
→ O REVIT conversa (compatível) muito bem com o AutoCAD e 3DStudio (top de renderização) sem perder a linkagem;		
→ O REVIT ainda dá alguns "paus";		
→ Com o BIM o arquiteto volta a ser gerente e responsável por todas as fases do projeto, inclusive a coordenação do projeto de instalações. E o engenheiro manterá a sua função executiva.		
→ O projeto e a execução voltam a estar fielmente ligados.		
→ A partir do momento que o cliente passa a entender plenamente o projeto com as vistas 3D, o arquiteto fica mais exposto, mas a qualificação técnica valoriza a profissão;		
→ O arquiteto sempre dominará o conhecimento técnico dos espaços , dos usos dos espaços e da avaliação das conseqüências estruturais e financeiras das decisões , e não o cliente com o superficial entendimento das informações por meio do 3D.		
→ Na prática, as fotos dos detalhes do modelo 3D do REVIT esclarecem as dúvidas de obra;		
→ Em Brasília, a Gravia e uma fábrica de mármore já trabalham com a fabricação digital;		
→ A parametrização não limita a imaginação do arquiteto;		
→ O Exército Brasileiro está querendo migrar para o REVIT, mas ainda baseia suas contratações em processos e seqüências antigas de projeção;		
→ O REVIT passa a introduzir a componente "tempo" aos projetos. Assim pode-se separar o desenho em etapas executivas da obra (parâmetro "phasing");		
→ O REVIT aponta as interferências indesejáveis;		
→ Geralmente uso o 3DStudio Max para colocar o "molho", blocos, materiais, texturas e renderizar;	1	
→ O importante agora é o raciocínio em 3D, o software utilizado não importa;		
→ possuo experiência de mais de 20 anos em computação gráfica aplicada à arquitetura, com domínio em diferentes softwares, e considero o REVIT um software inovador.	1	

→ no AutoCAD, o usuário fica focado nos desenhos e nas representações, e tudo são simples linhas.		
→ No Revit, o usuário fica focado na reprodução da realidade;		
→ A apresentação 3D aproxima o arquiteto do cliente;		
→ A lógica atual não é fazer em 2D ou 3D, mas sim construir;		
→ O Revit reproduz a lógica da construção, possibilitando a definição da fase em que o elemento será executado;		
→ O tempo gasto para fazer o modelo é menor que o tempo para fazer os produtos 2D no AutoCAD;		
→ O Revit resolve tudo e não precisa voltar para o AutoCAD;		
→ No Revit o arquiteto trabalha menos na atividade de documentação técnica e seus detalhes;		
→ Na construção do modelo 3D não se pode fazer adaptações com qual AutoCAD, pois os elementos são específicos (viga, parede etc).	1	
→ Hoje o REVIT não tem uma boa apresentação gráfica para as vistas 2D.		
→ Os softwares (ADT, ARQ 3D, ARQCAD, DATACAD etc) tem o mesmo pensamento lógico que o utilizado pelo REVIT.		
→ A versão 2009 tem um maior poder de renderização, mas perdeu a adaptação das árvores às estações do ano.	1	
→ A verdadeira parametrização do REVIT é observada na configuração das famílias de elementos (pilares, portas etc) de construção, com diferenças apenas de dimensão.		
→ O software permite o trabalho com múltiplas formas de visualização (2D e 3D), facilitando as decisões desde o início da concepção do projeto.	1	
→ Com o tempo acostuma-se a projetar com o software.		
→ O software tem recursos interessantes e inovadores, mas os arquitetos da PGR ainda trabalham com o autocad, pois a migração provocaria uma indesejável queda na produção.	1	
→ A inserção de blocos e sua variedade é que aumentam a qualidade do projeto.		
→ A computação vem melhorando o trabalho do arquiteto	1	

→ Nos experimentos realizados com o REVIT, é necessário imprimir o projeto original após o seu término, pois o modelo será alterado e todas as informações associadas;	1	
→ No REVIT os cortes ficam associados ao número da prancha que ele é impresso;		
→ A eficiência do REVIT se mostra melhor em obras complexas, ou em um conjunto de obras (como no exercício).		
→ Já utilizei vários softwares e por isso não tive dificuldades para aprender o REVIT.	1	
→ Acho que os softwares tem que ajudar o arquiteto a trabalhar mais fácil, e por isso tem que ter uma interface lógica e amigável.		
→ a interface do REVIT ainda precisa melhorar.		
→ Não respondeu.	1	

# ANEXO V – PRODUTOS GRÁFICOS DOS EXPERIMENTOS



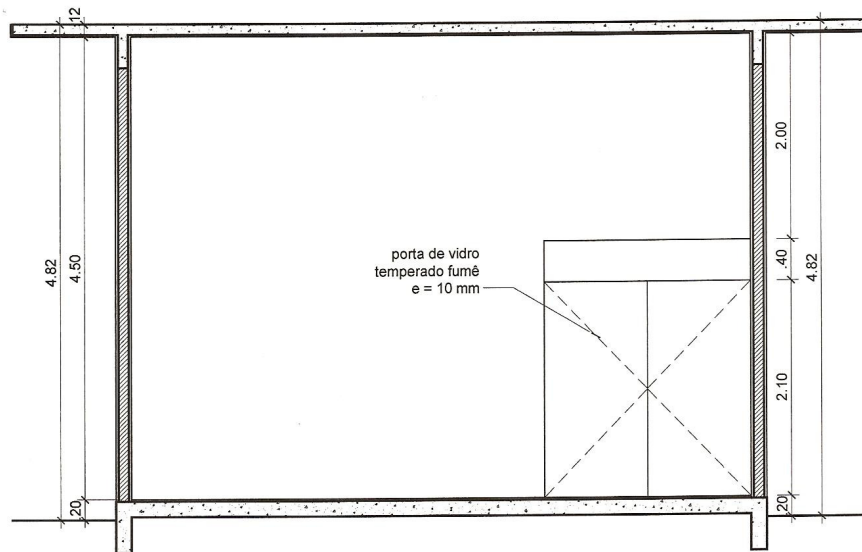
HF ARQUITETOS ASSOCIADOS  
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL  
autor do projeto arquiteto Helvio Franco

PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO  
Planta Baixa  
1-50

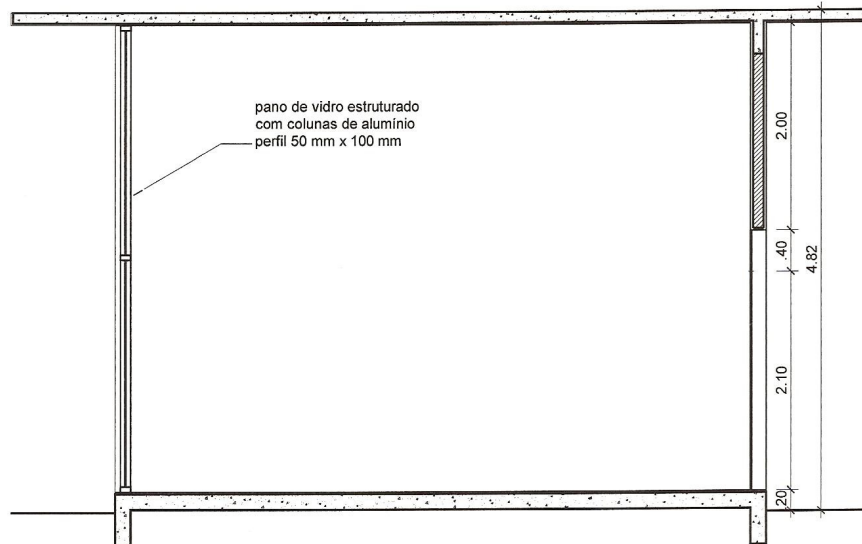
ARQ 01  
Gumercino julho 2008



Figura V-00-1 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 01



CORTE "AA"  
esc.: 1-50



CORTE "BB"  
esc.: 1-50

HF ARQUITETOS ASSOCIADOS  
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL  
autor do projeto arquiteto Helvio Franco

PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO  
Cortes AA e BB

1-50

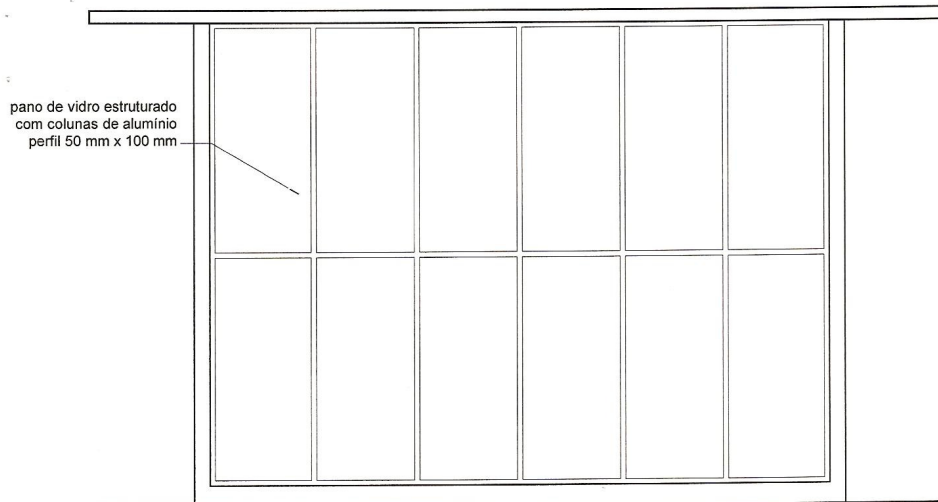
Gumercino

ARQ 02

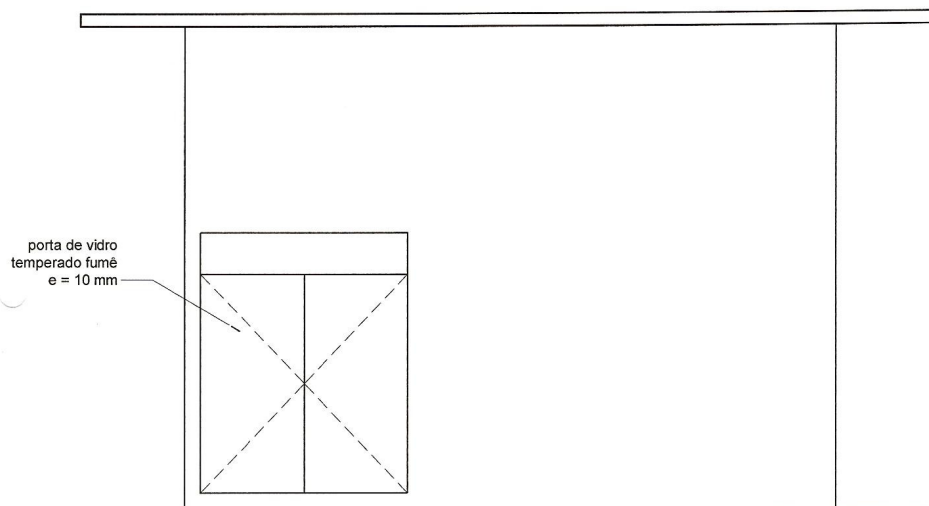
julho 2008



Figura V-00-2 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 02



FACHADA PRINCIPAL  
esc.: 1-50

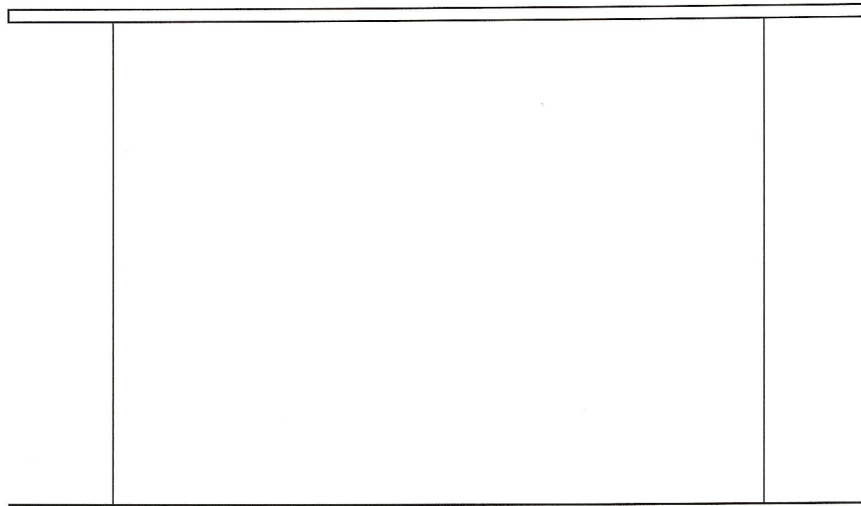


FACHADA POSTERIOR  
esc.: 1-50

HF ARQUITETOS ASSOCIADOS	PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO	<b>ARQ 03</b>
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL	Fachadas Principal e Posterior	
autor do projeto arquiteto Helvio Franco	1-50	Gumercino julho 2008



Figura V-00-3 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 03



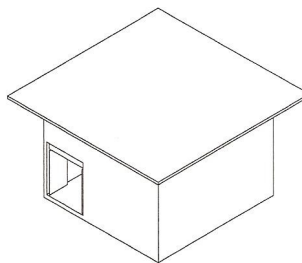
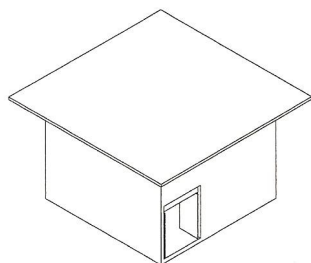
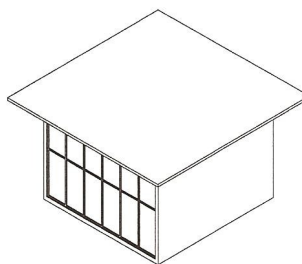
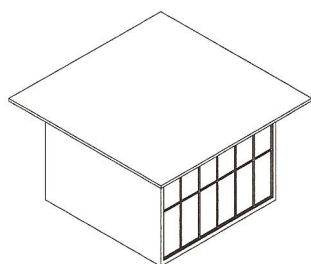
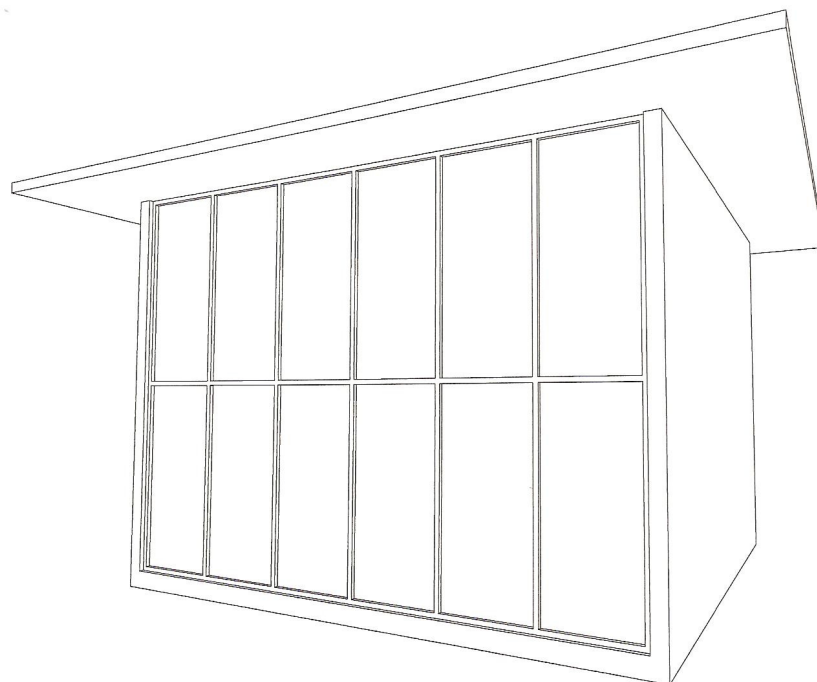
FACHADA LATERAL  
esc.: 1-50

HF ARQUITETOS ASSOCIADOS	PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO	<b>ARQ 04</b>
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL	Fachada Lateral	
autor do projeto arquiteto Helvio Franco	1-50	Gumercino julho 2008



**Figura V-00-4 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 04**





HF ARQUITETOS ASSOCIADOS  
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL

PROJETO DE ARQUITETURA . APRESENTAÇÃO  
Perspectivas

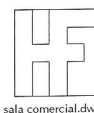
ARQ 05

autor do projeto arquiteto Helvio Franco

sem escale

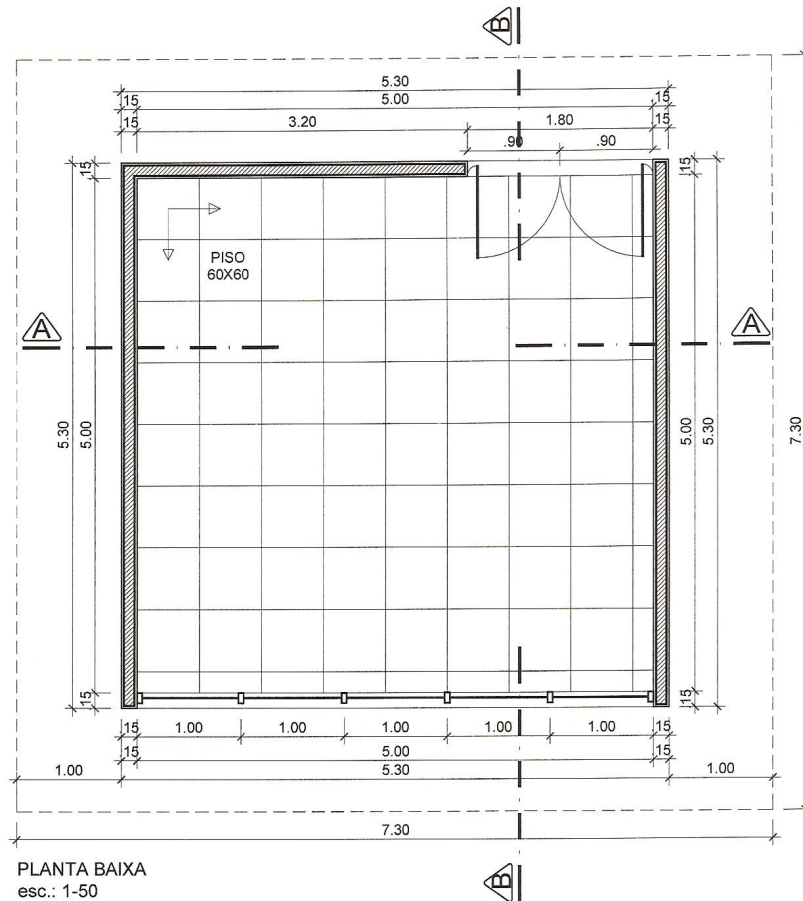
Gumercino

julho 2008



sala comercial.dwg

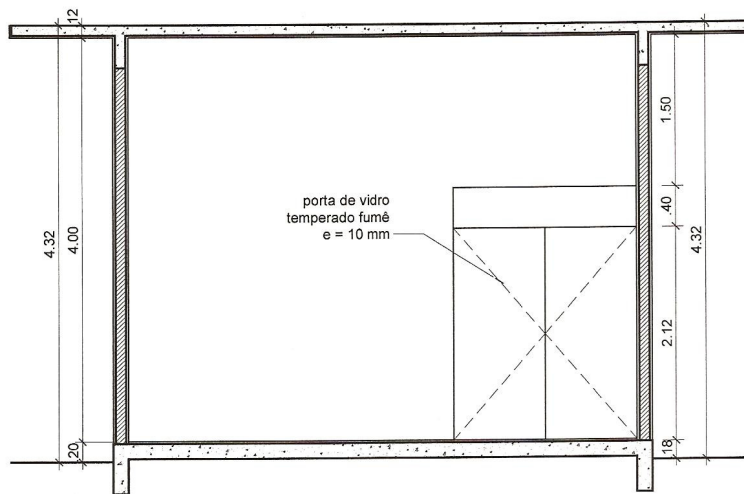
Figura V-00-5 – Software AutoCAD, experimento A, prancha 04



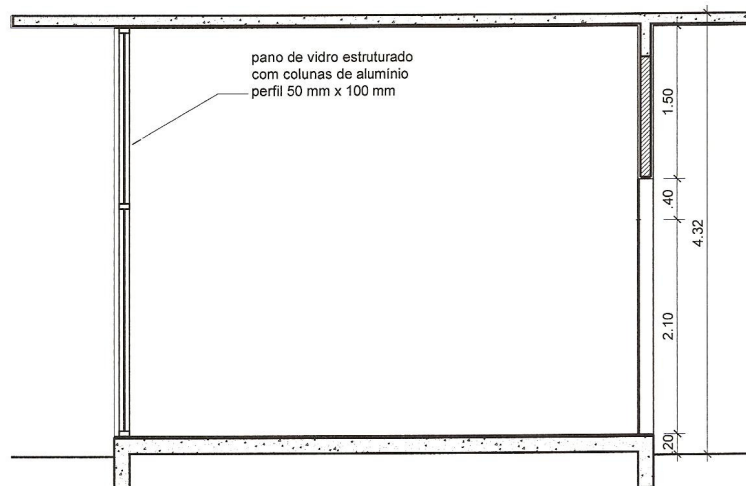
HF ARQUITETOS ASSOCIADOS	PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO	ARQ 01
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL	Planta Baixa - Alteração 01	
autor do projeto arquiteto Helvio Franco	1-50	Gumercino julho 2008



Figura V-00-6 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 01 alterado



CORTE "AA"  
esc.: 1-50



CORTE "BB"  
esc.: 1-50

HF ARQUITETOS ASSOCIADOS  
LOJA THOMAZ . EDIFÍCIO COMERCIAL

PROJETO DE ARQUITETURA . APROVAÇÃO  
Cortes AA e BB - Alteração 01

ARQ 02

autor do projeto arquiteto Helvio Franco

1-50

Gumercino

julho 2008



sala comercial.dwg

Figura V-00-7 - Software AutoCAD, experimento A, prancha 02 alterado

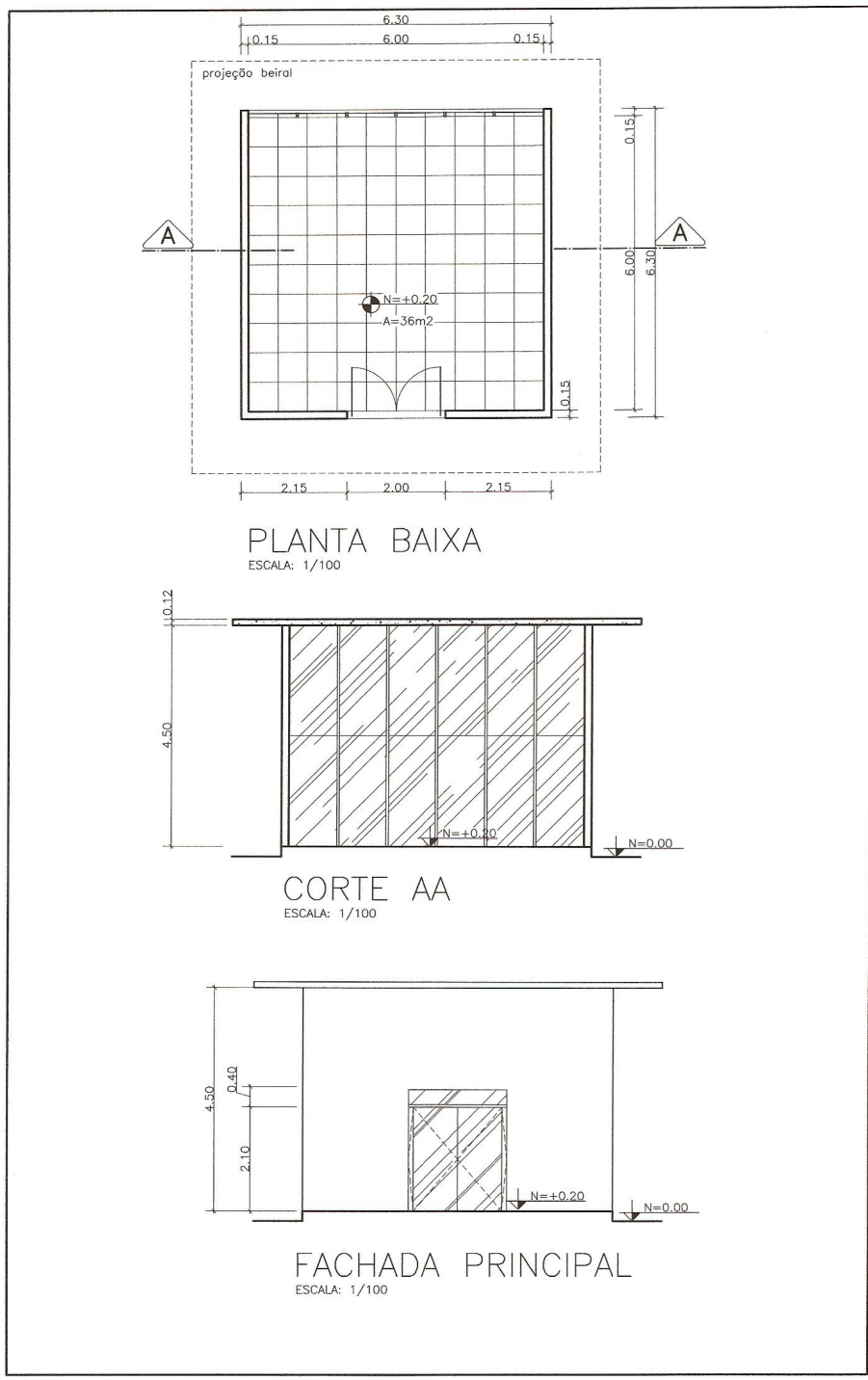


Figura V-00-8 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 01

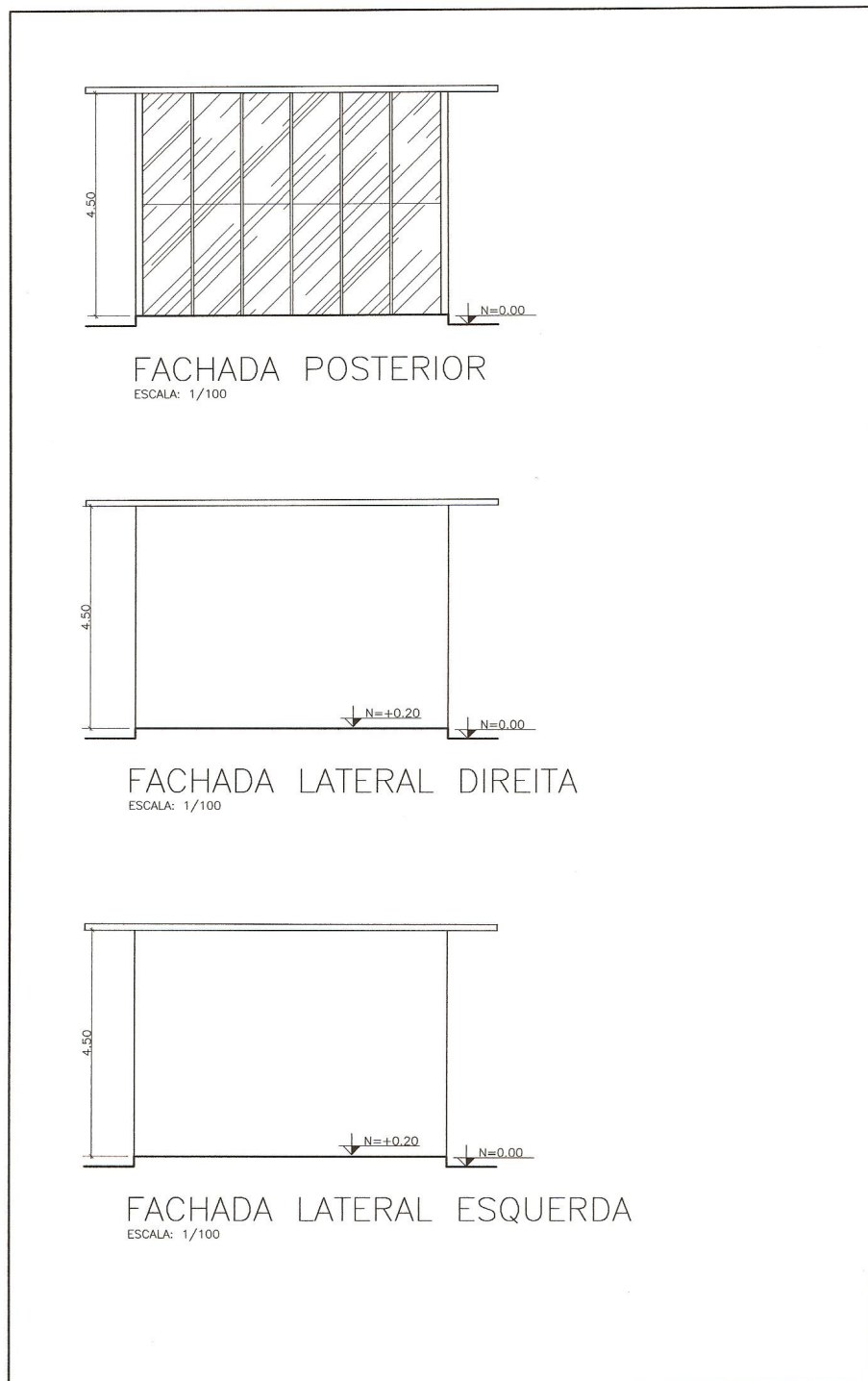
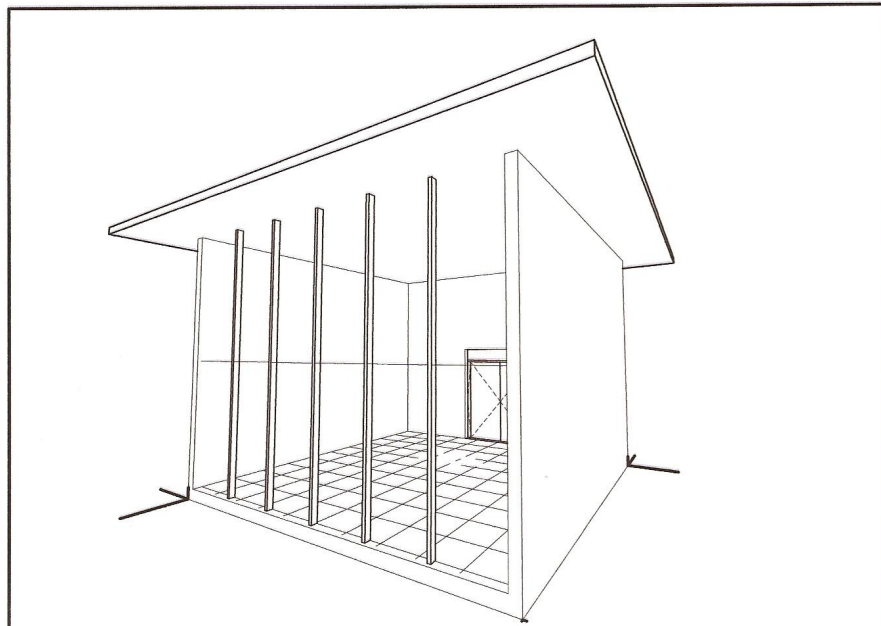
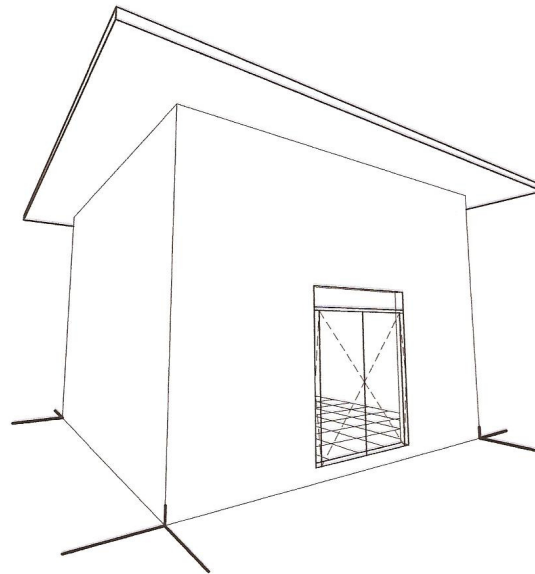


Figura V-00-9 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 02



MODELO 3D



MODELO 3D

**Figura V-00-10 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 03**

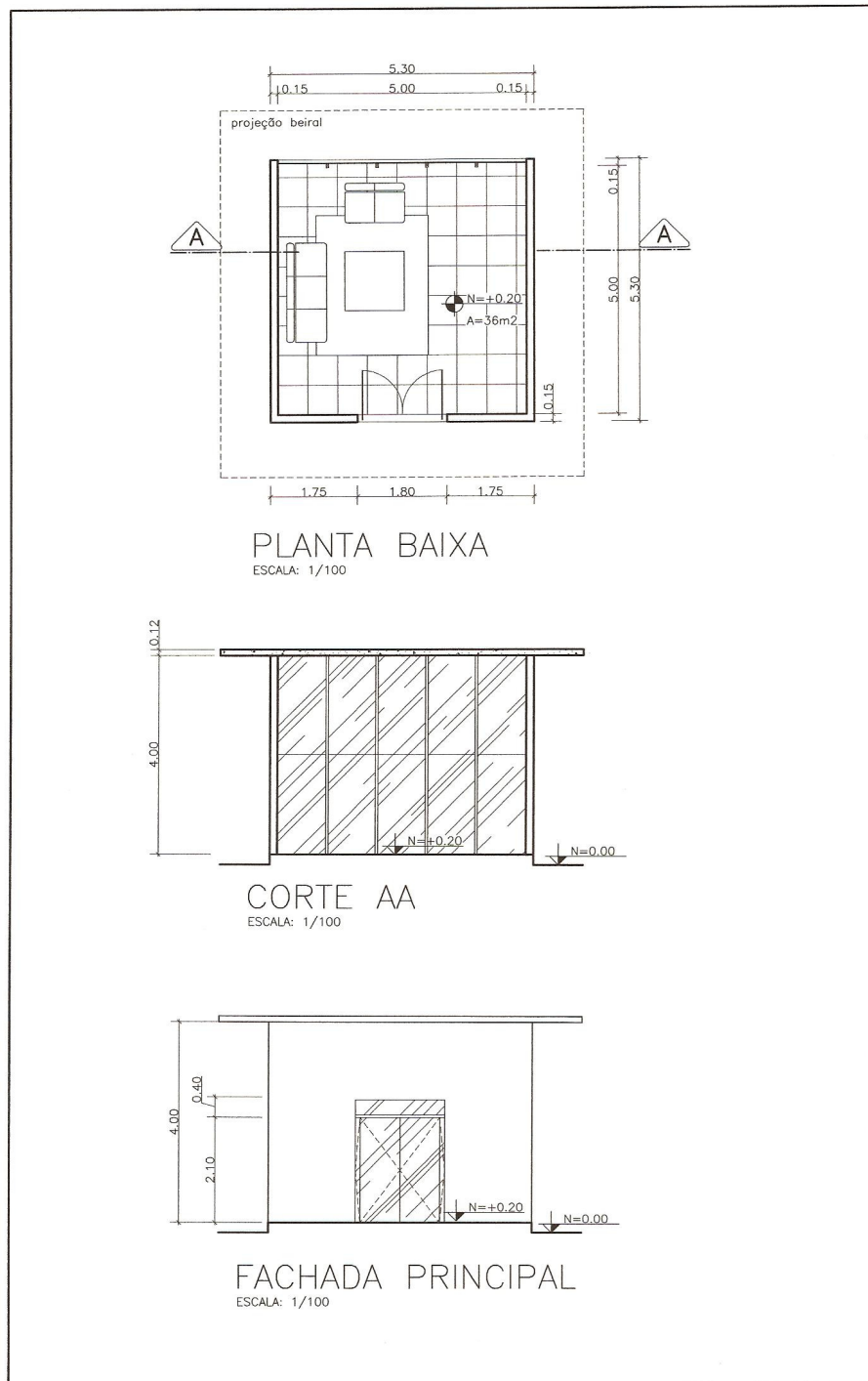


Figura V-00-11 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 01 alterado

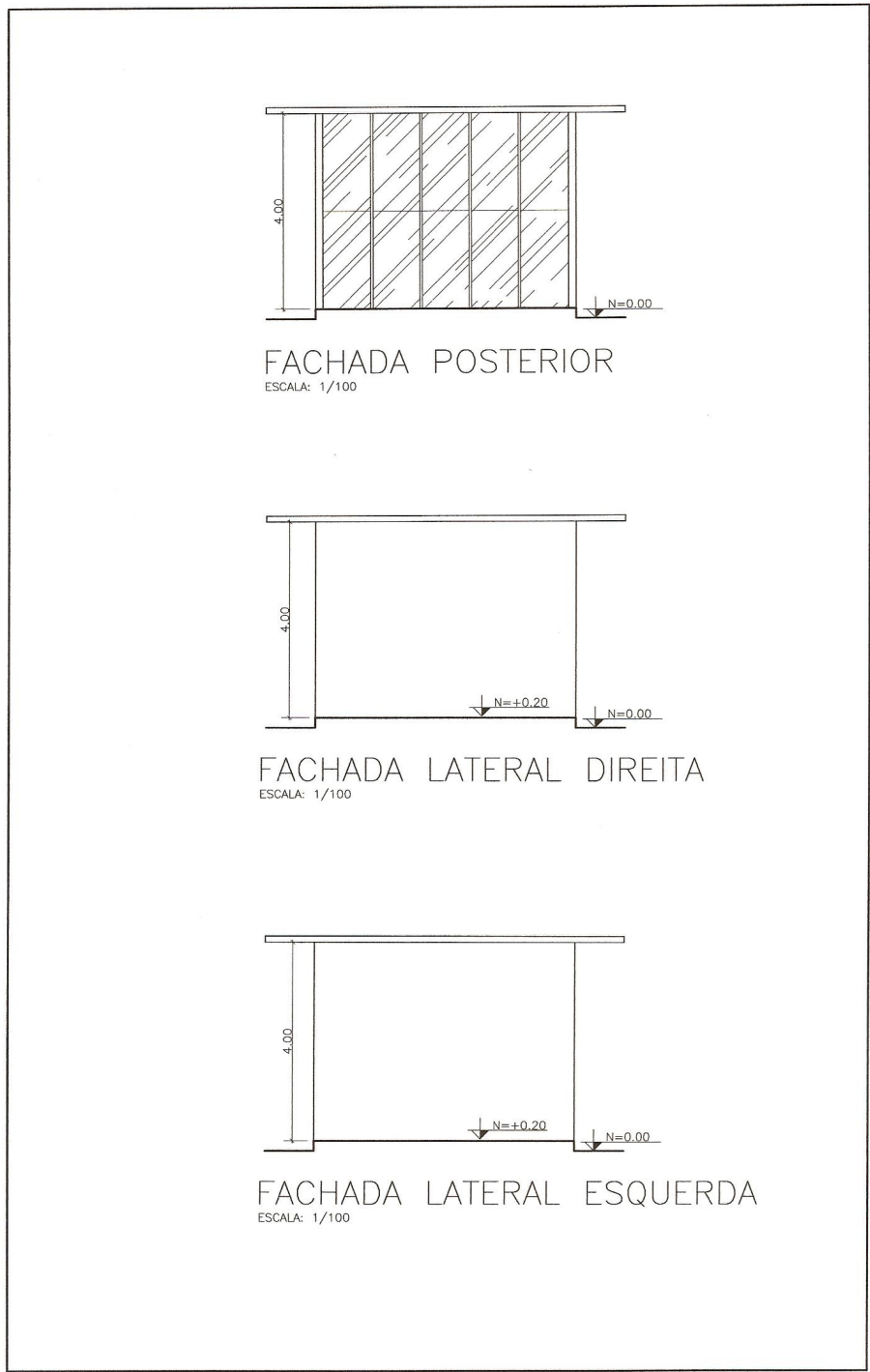
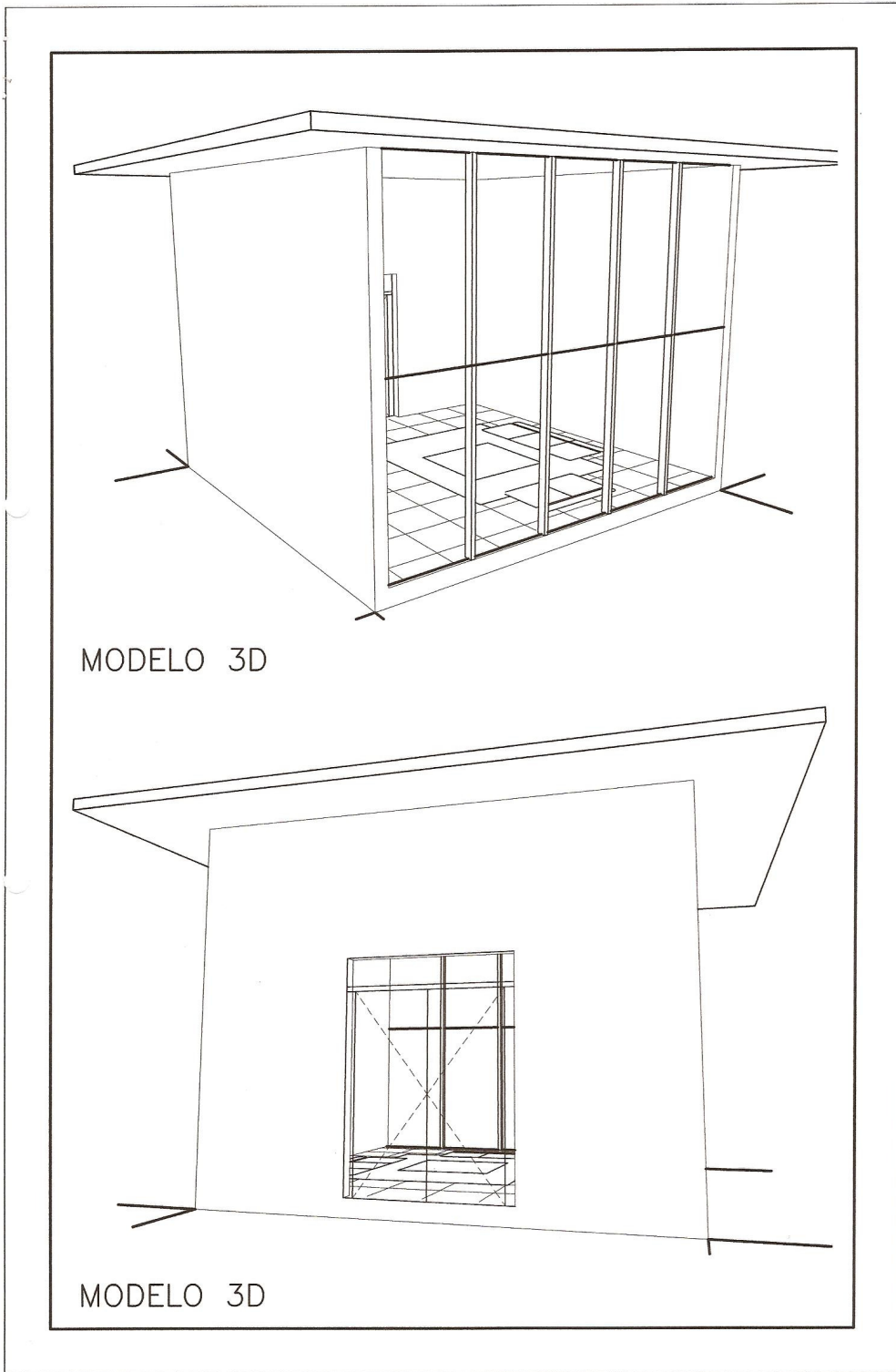
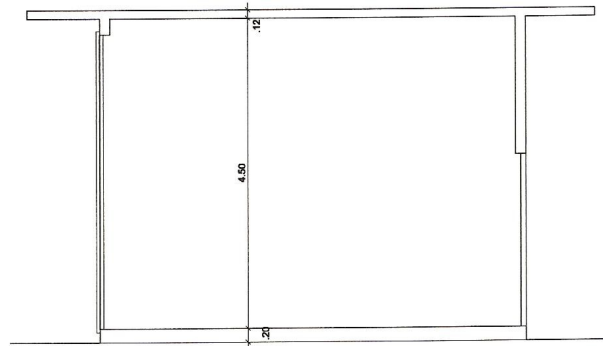


Figura V-00-12 - Software AutoCAD, experimento B, prancha 02 alterado

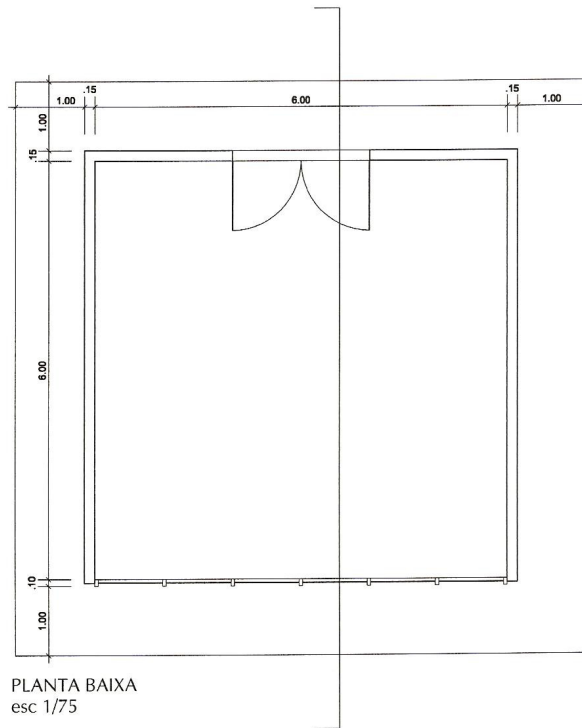




**Figura V-00-13** - Software AutoCAD, experimento B, prancha 03 alterado



CORTE  
esc 1/75



PLANTA BAIXA  
esc 1/75

Figura V-00-14 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 01

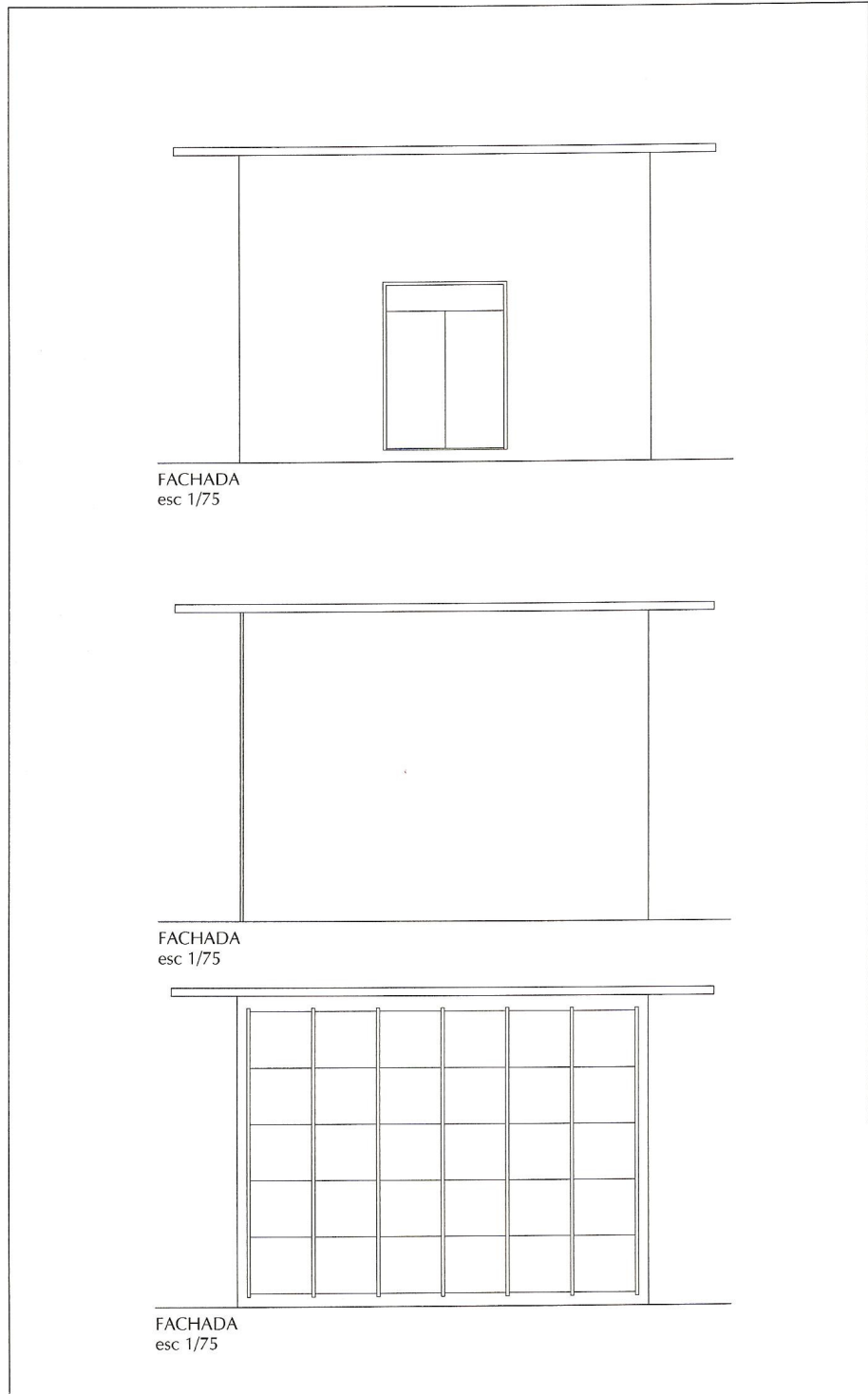
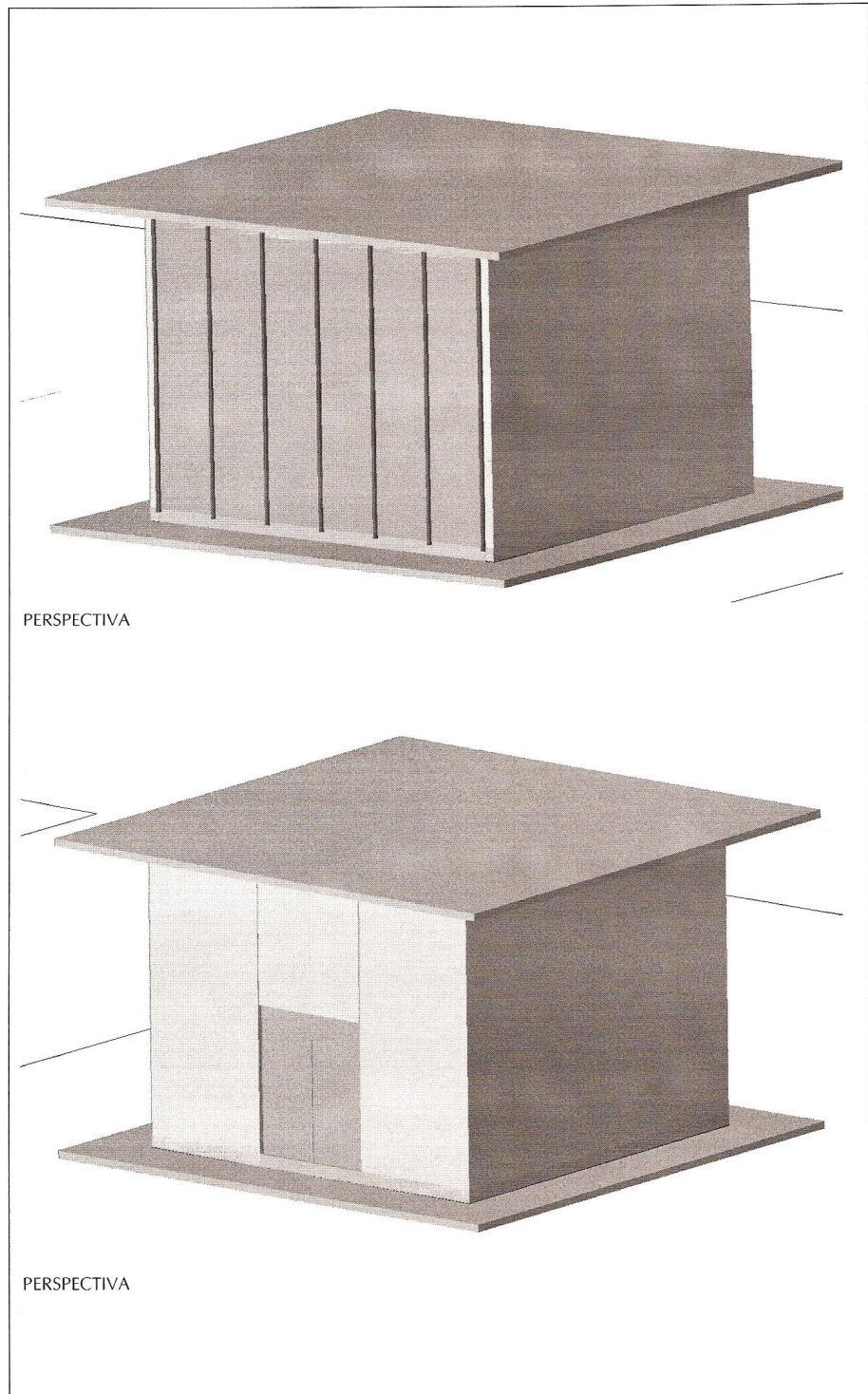
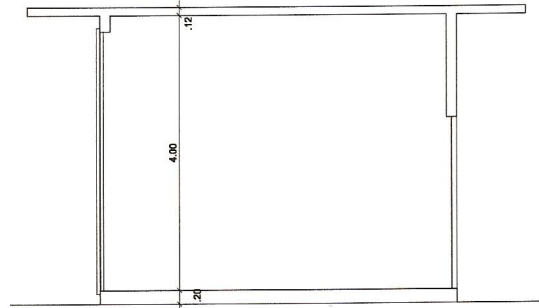


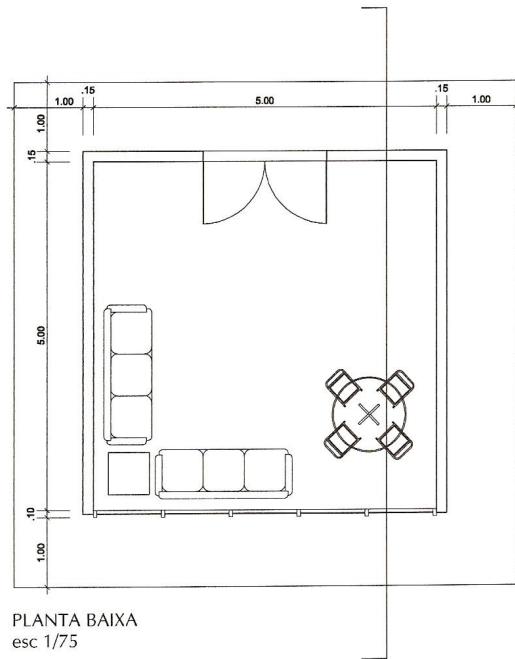
Figura V-00-15 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02



**Figura V-00-16** - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02

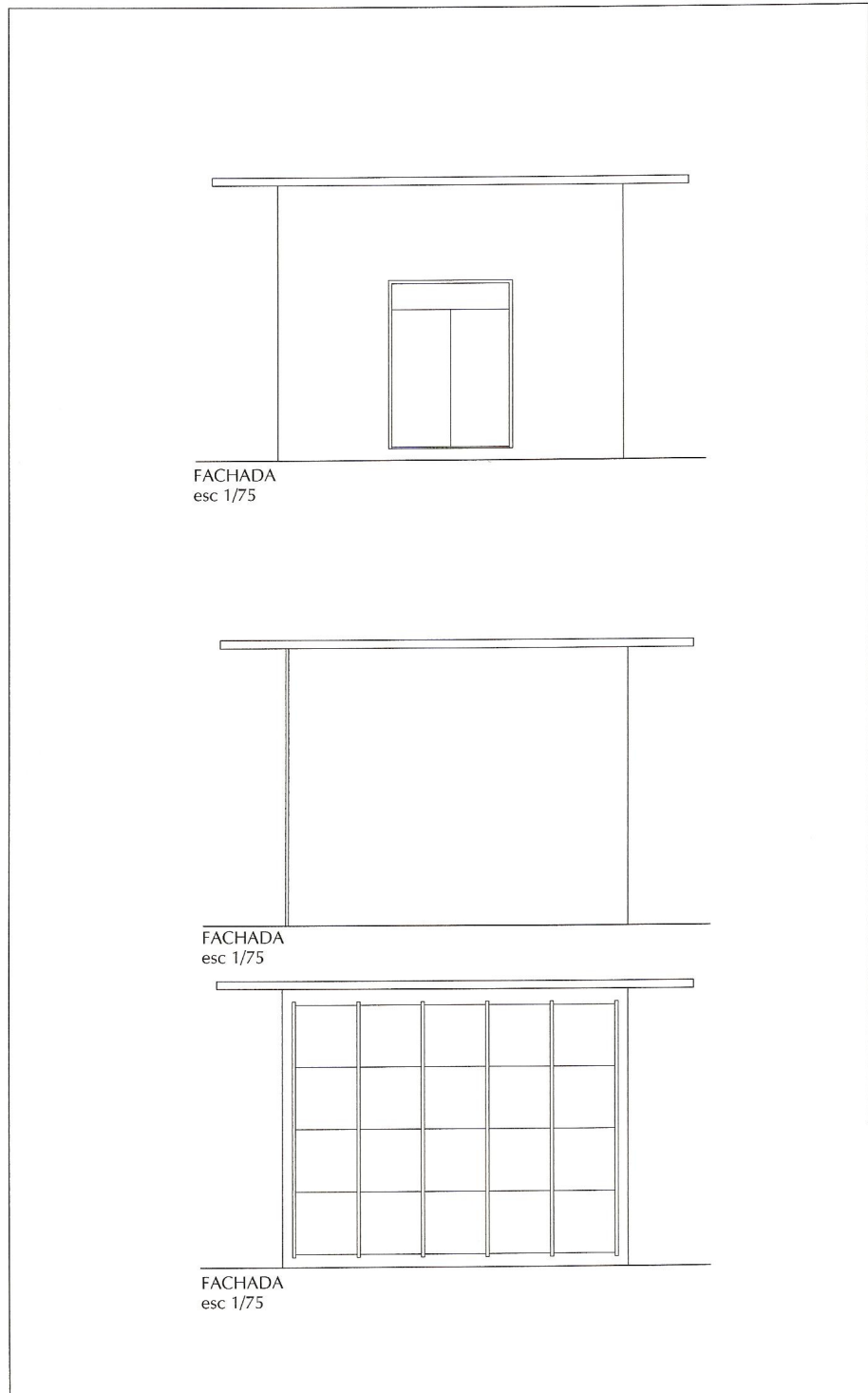


CORTE  
esc 1/75

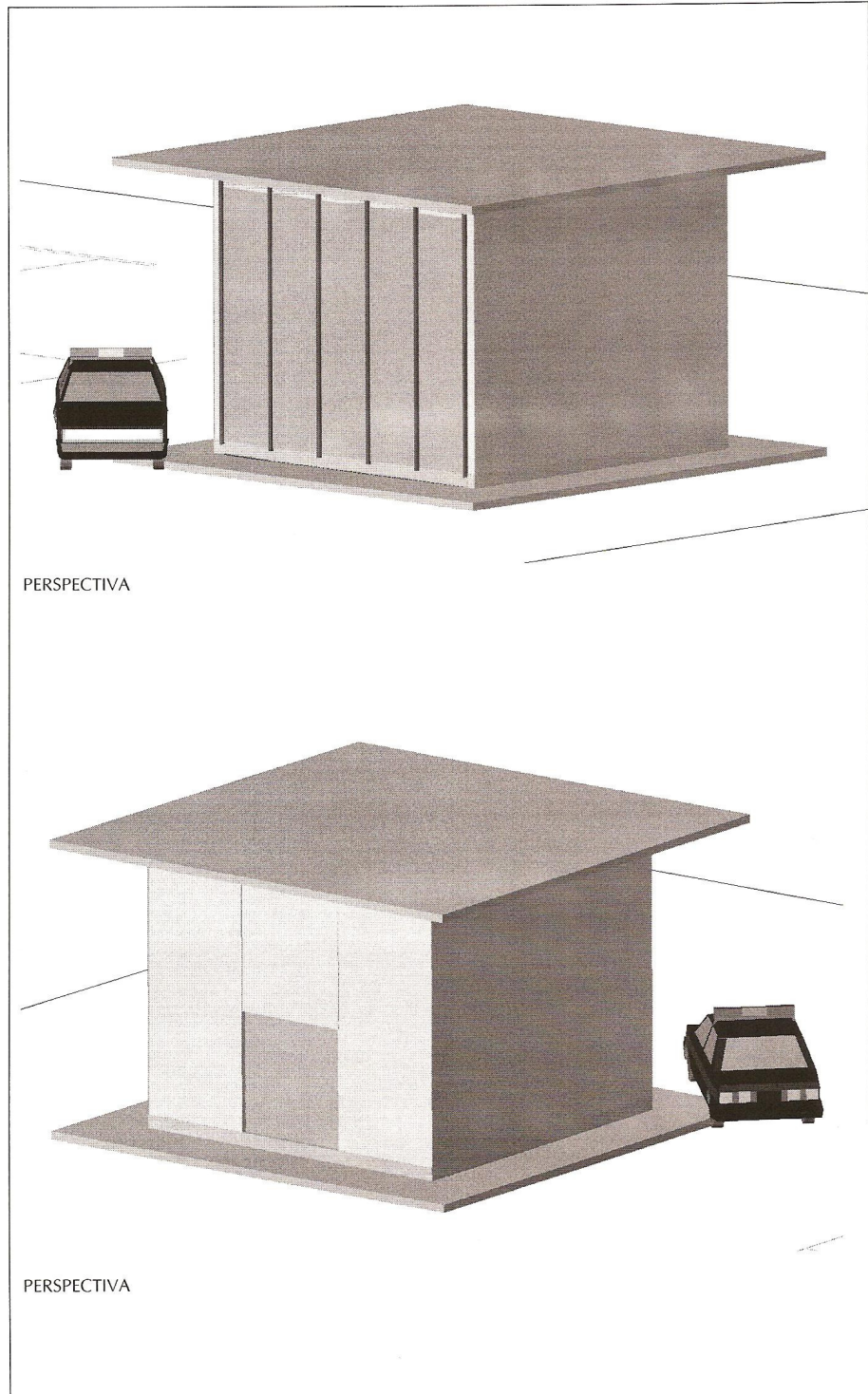


PLANTA BAIXA  
esc 1/75

**Figura V-00-17 - Software AutoCAD, experimento C, prancha 01 alterado**



**Figura V-00-18** - Software AutoCAD, experimento C, prancha 02 alterado



**Figura V-00-19** - Software AutoCAD, experimento C, prancha 03 alterado

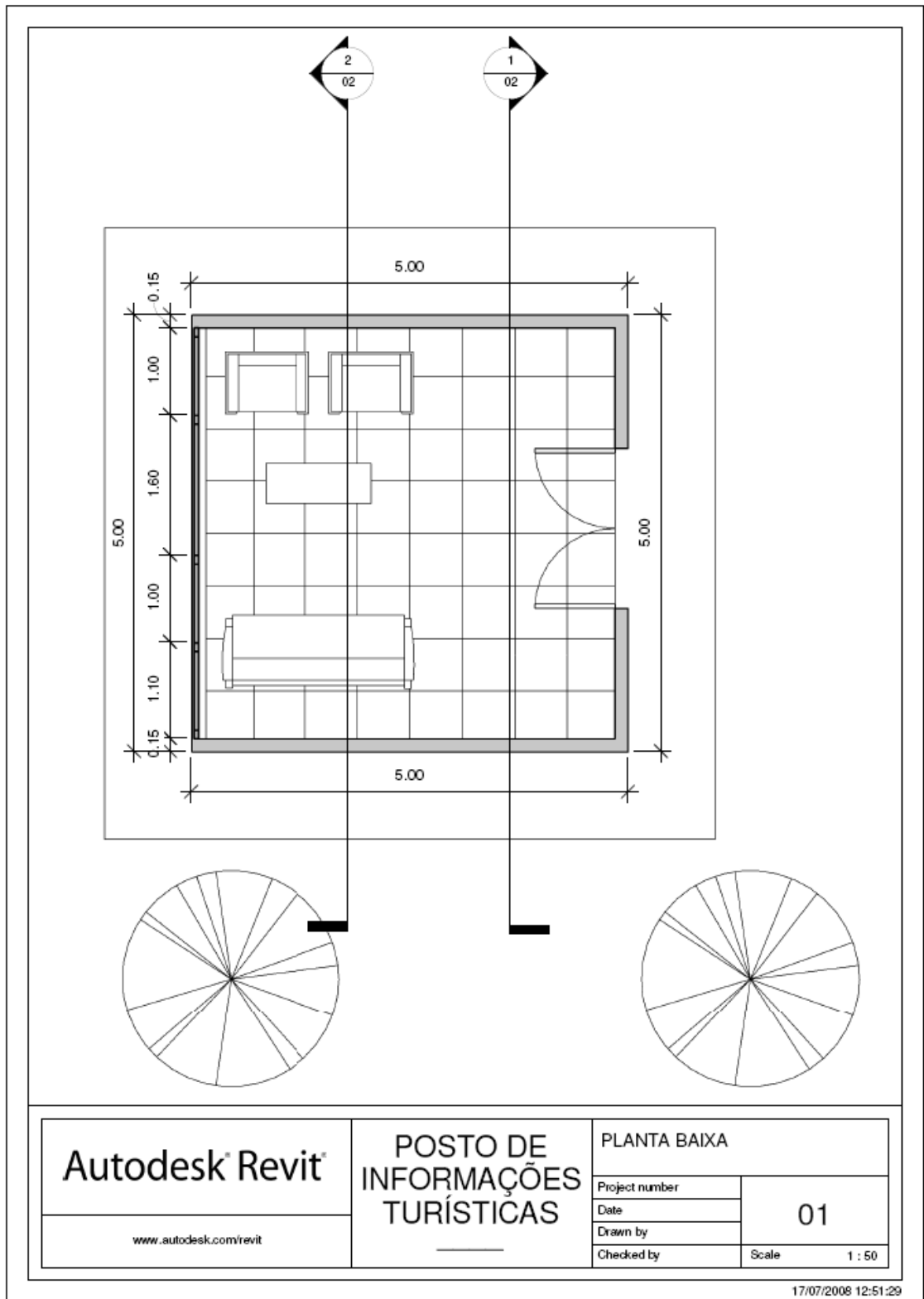


Figura V-00-20 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 01



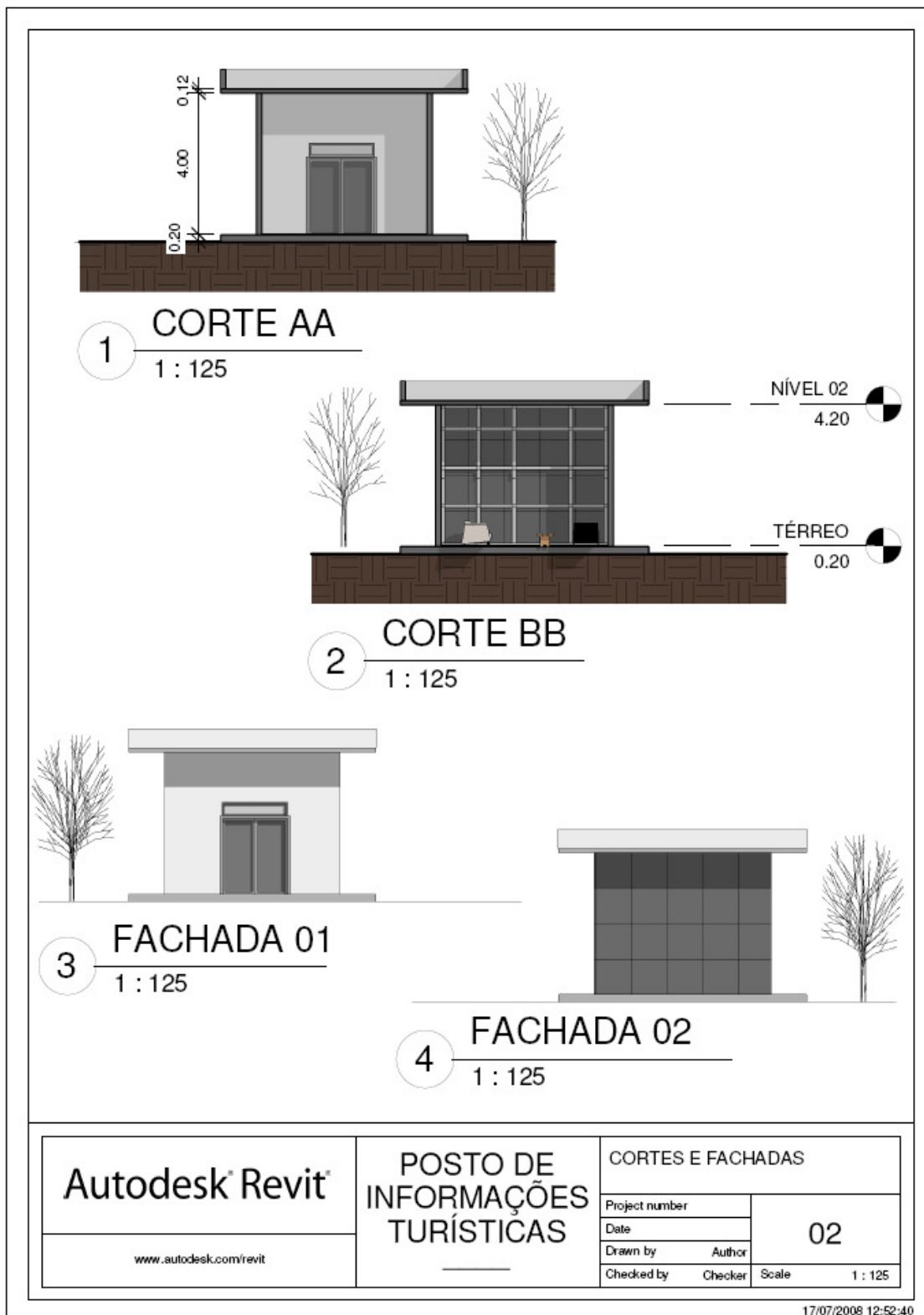
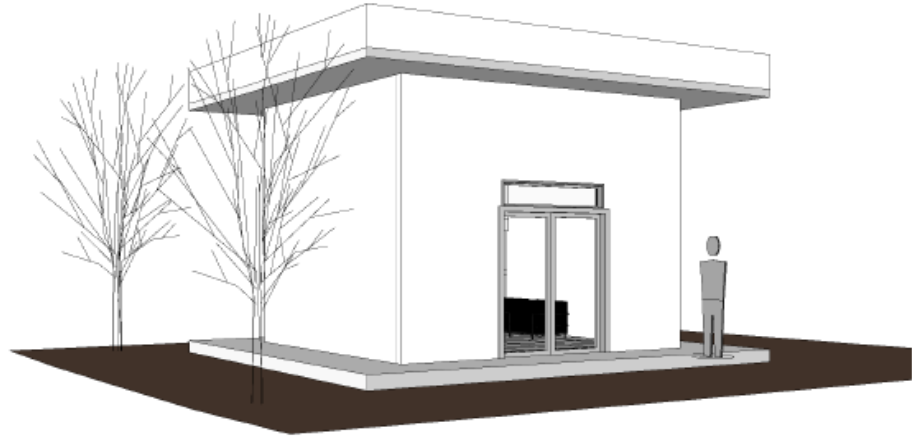


Figura V-00-21 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 02



2 PERSPECTIVA 01

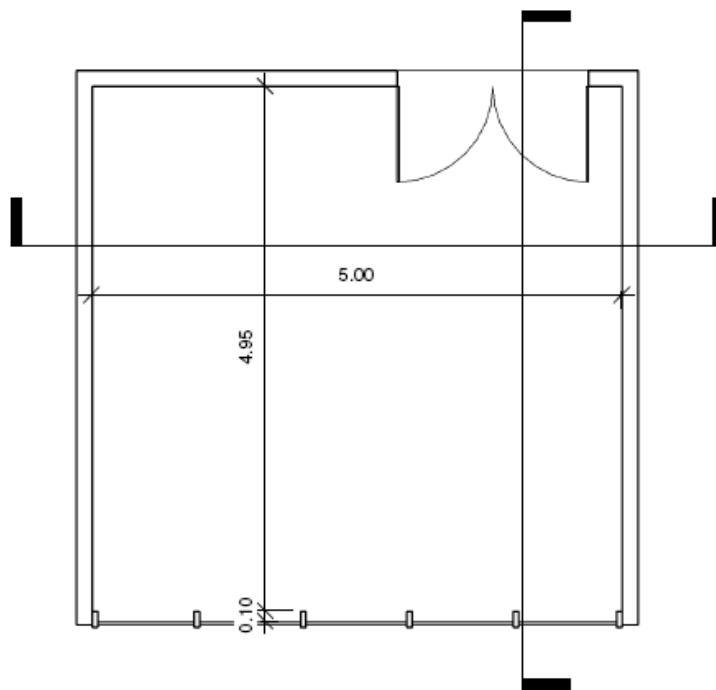


1 PERSPECTIVA 02

Autodesk Revit®	POSTO DE INFORMAÇÕES TURÍSTICAS	PERSPECTIVAS		
		Project number	03	
Date				
Drawn by	Author			
Checked by	Checker	Scale		
www.autodesk.com/revit				

17/07/2008 12:53:12

Figura V-00-22 - Software Revit Architectura, experimento A, prancha 03

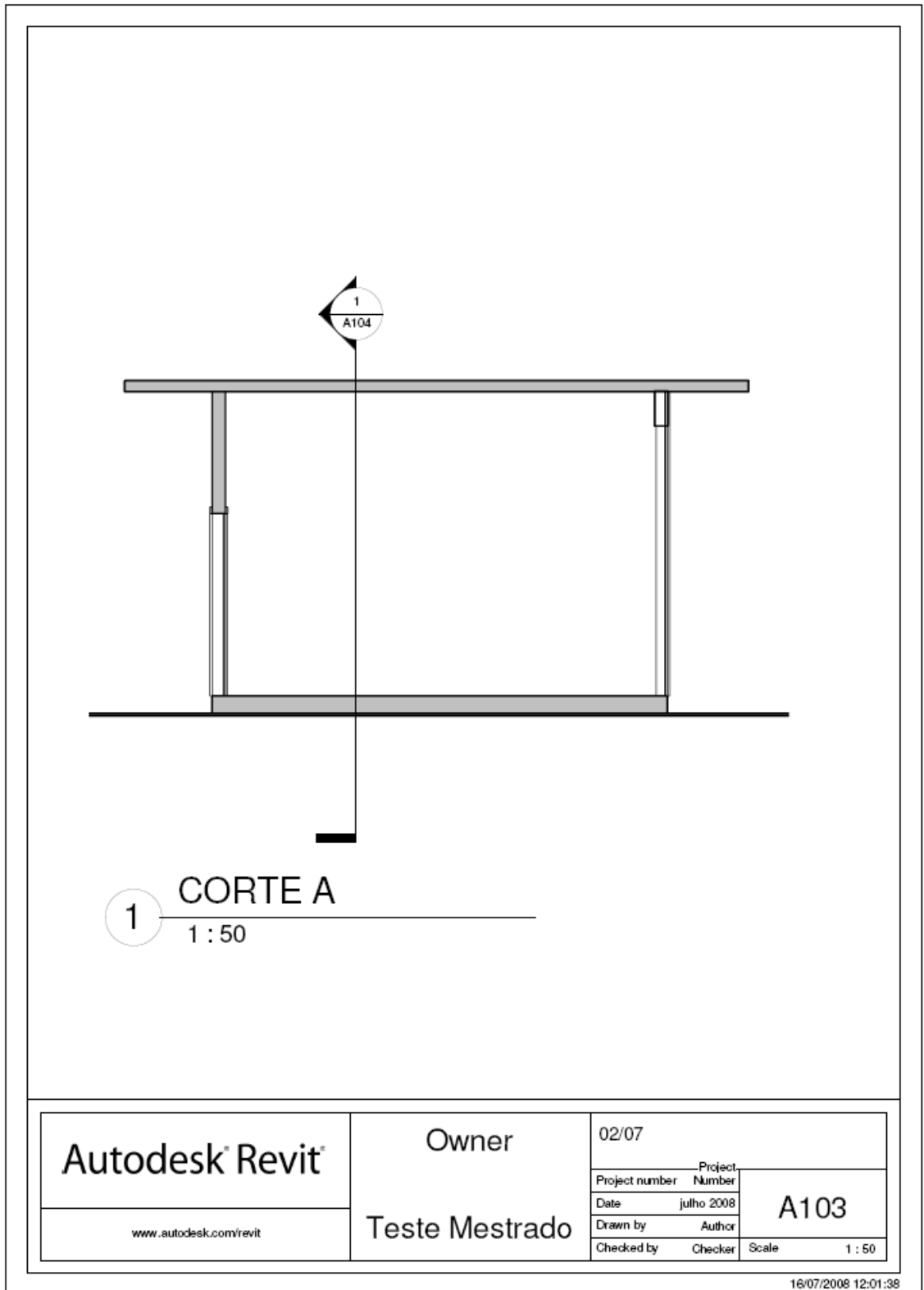


1 PLANTA BAIXA  
1 : 50

Autodesk® Revit®	Owner	01/07	
	Teste Mestrado	Project number	Project Number
Date		julho 2008	A102
Drawn by		Author	
www.autodesk.com/revit		Checked by	Checker
		Scale	1 : 50

16/07/2008 12:00:00

Figura V-00-23 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 01 alterado



16/07/2008 12:01:38

Figura V-00-24 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 02 alterado

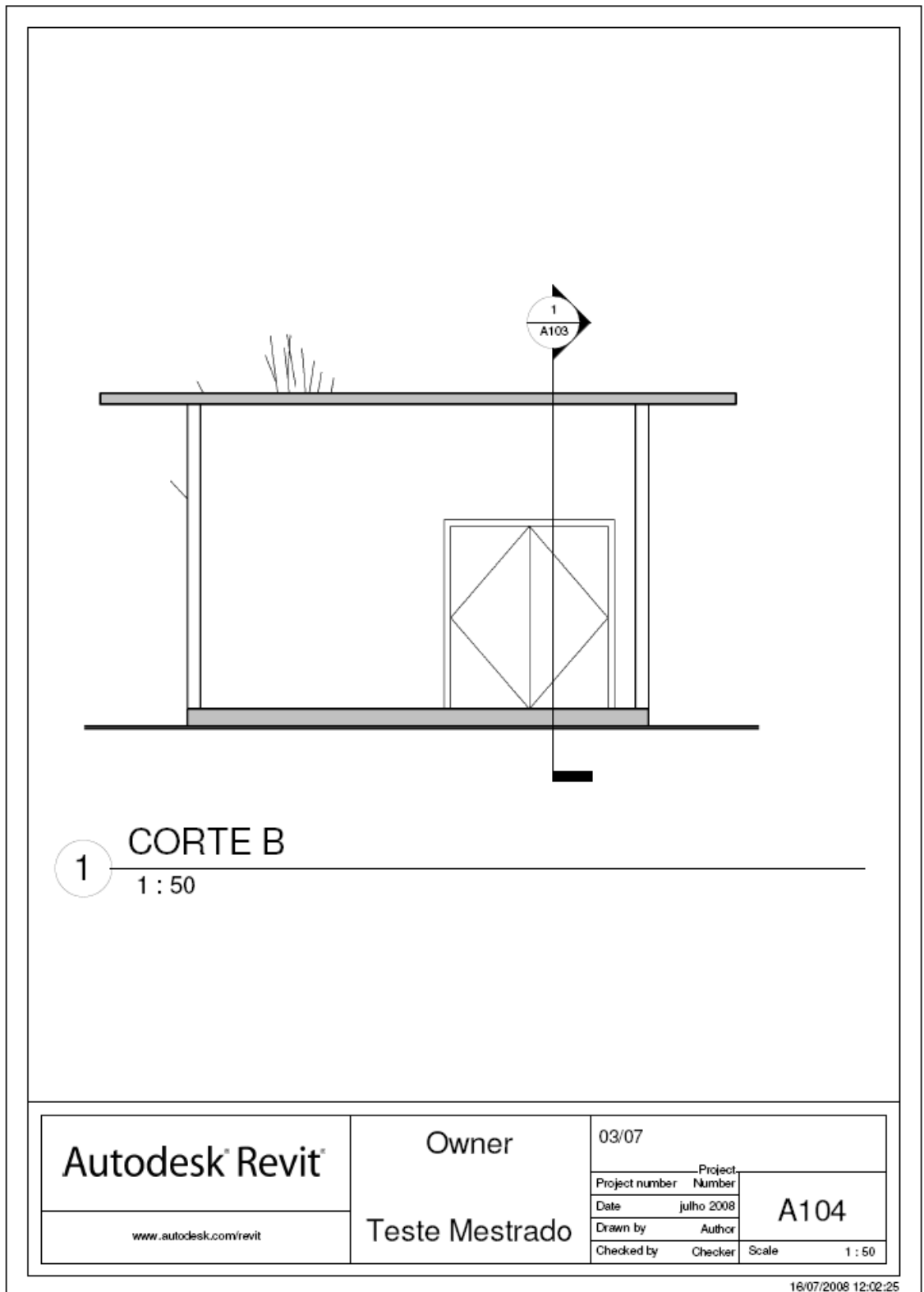


Figura V-00-25 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 03 alterado

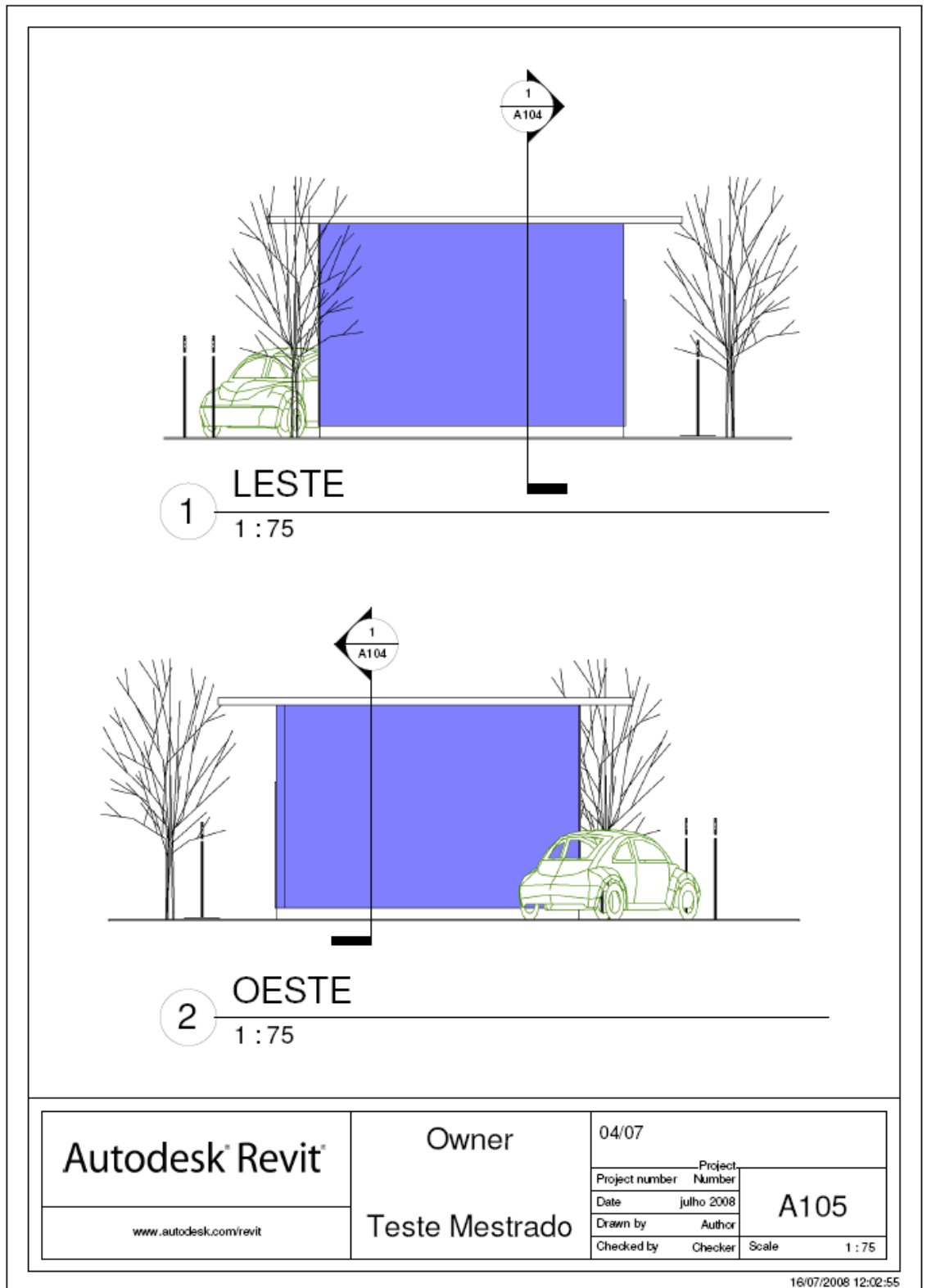


Figura V-00-26 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 04 alterado

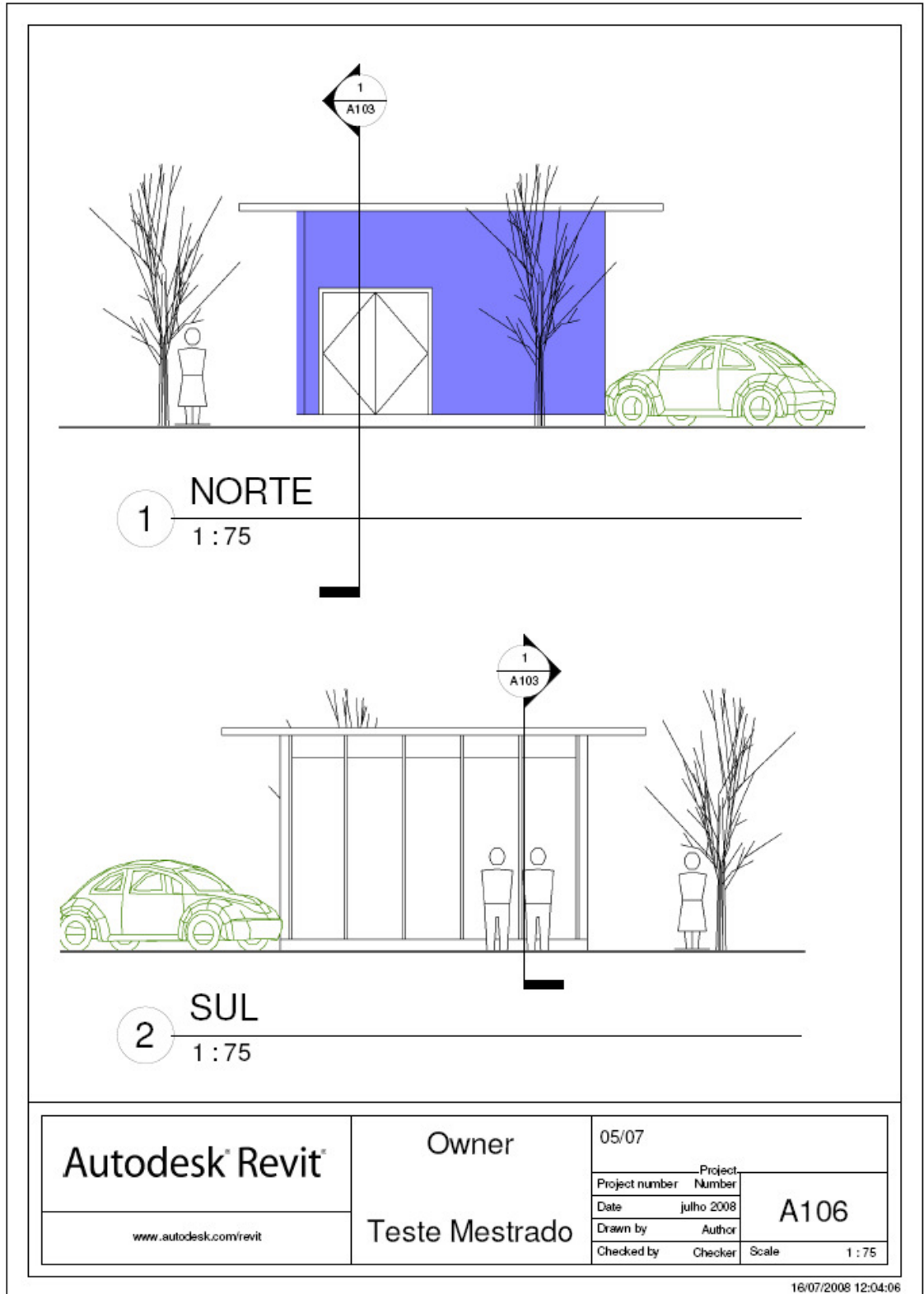
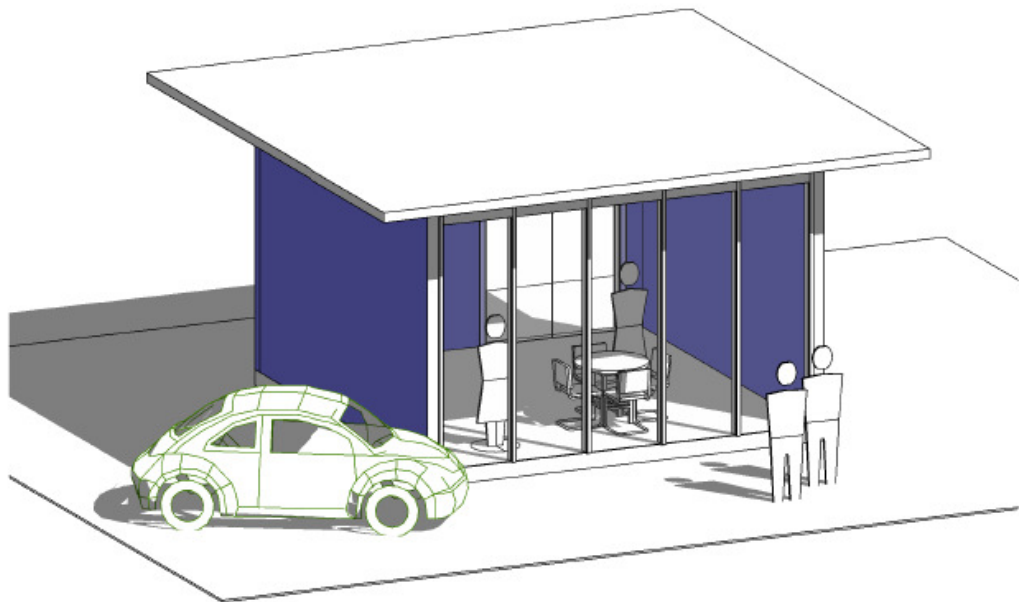
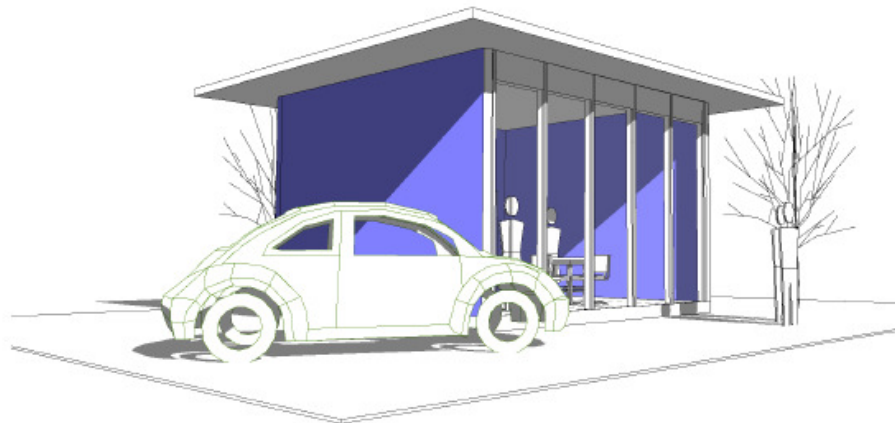


Figura V-00-27 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 05 alterado



1

MODELO 3D - VISTA 1



2

MODELO 3D - VISTA 2

Autodesk® Revit®	Owner	06/07	
	Teste Mestrado	Project number	Project Number
Date		julho 2008	A107
Drawn by		Author	
www.autodesk.com/revit		Checked by	Checker Scale

16/07/2008 12:05:06

Figura V-00-28 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 06 alterado



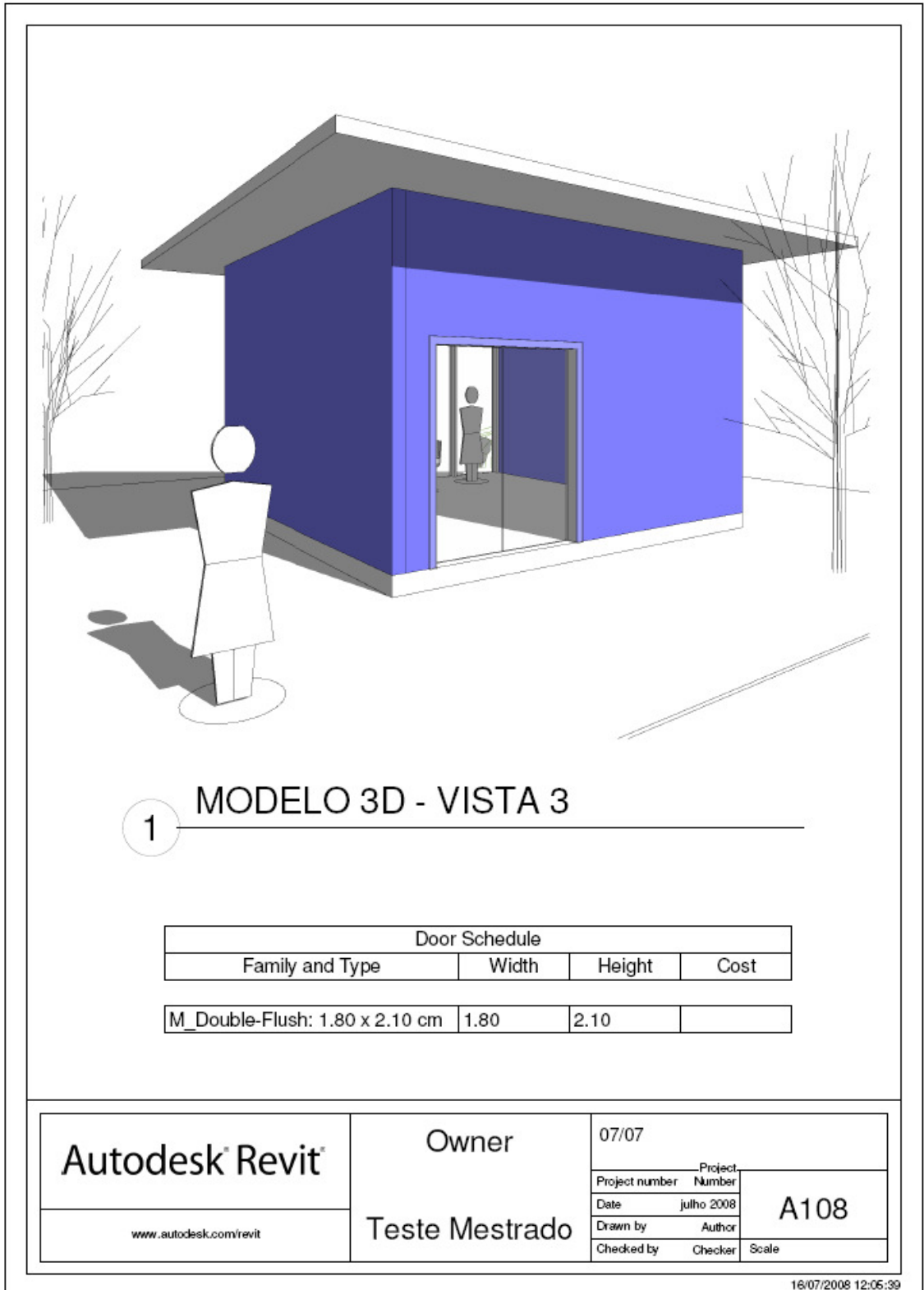


Figura V-00-29 - Software Revit Architectura, experimento B, prancha 07 alterado

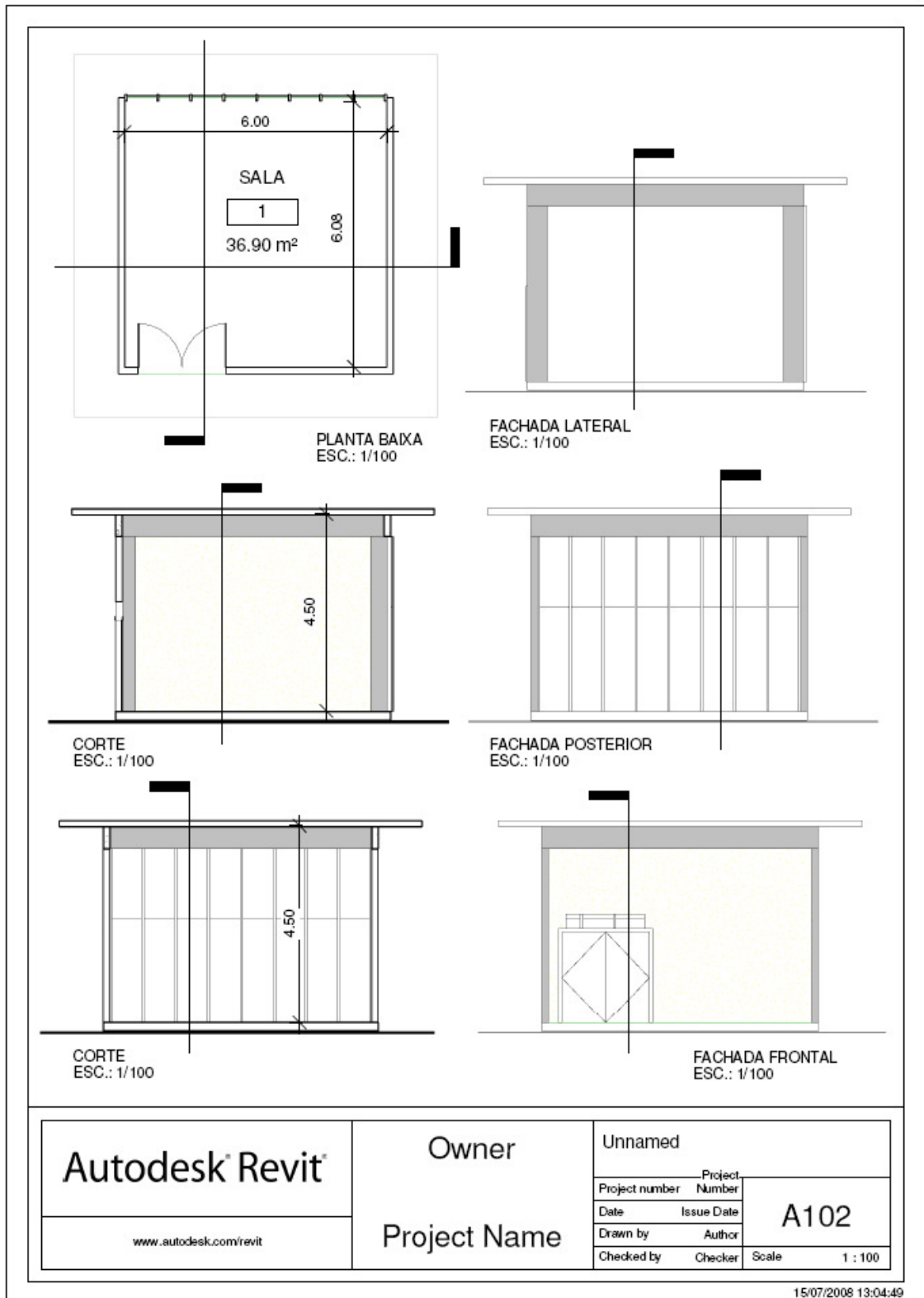


Figura V-00-30 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 01

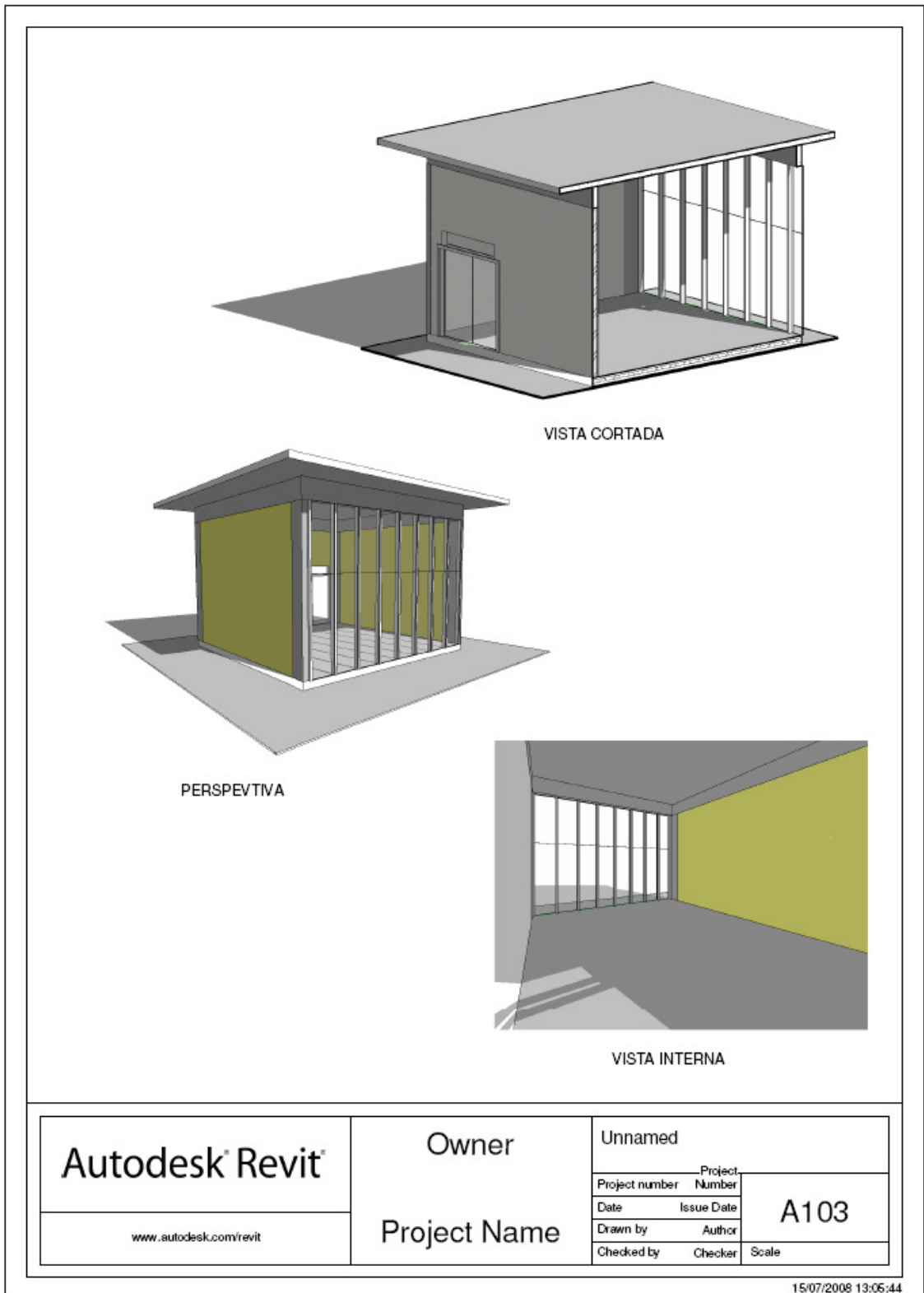
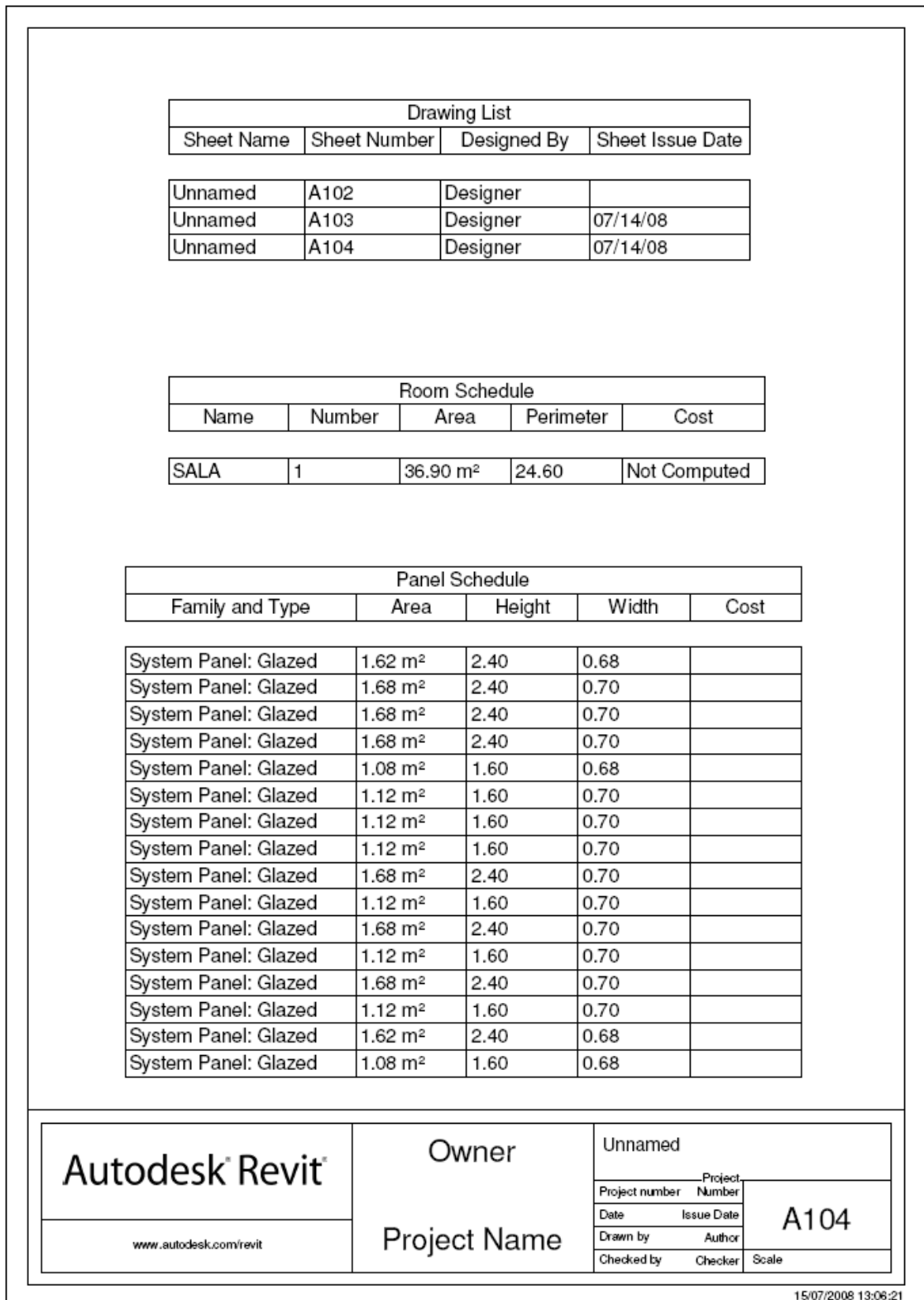
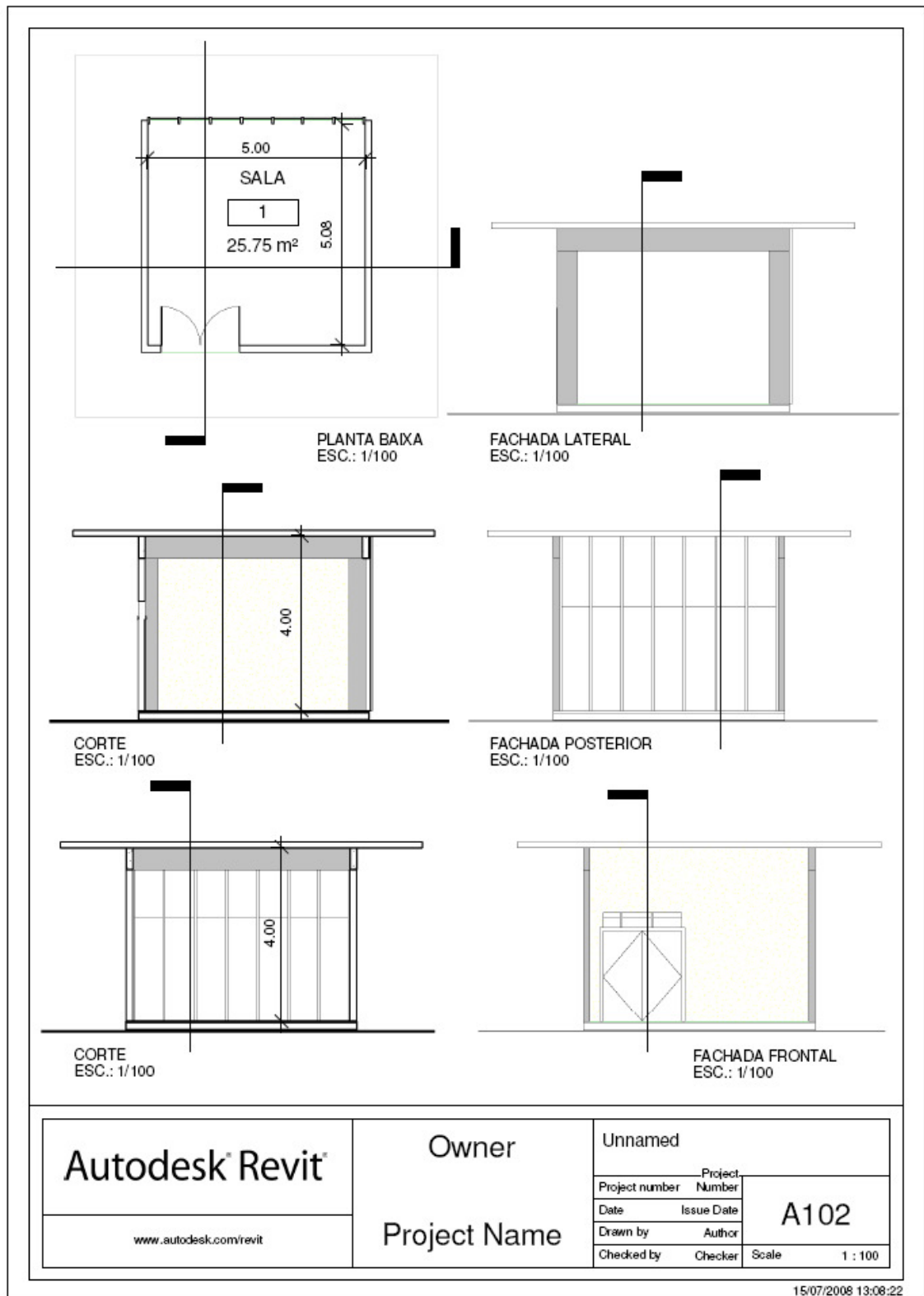


Figura V-00-31 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 02



**Figura V-00-32** - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 03



15/07/2008 13:08:22

Figura V-00-33 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 01 alterado

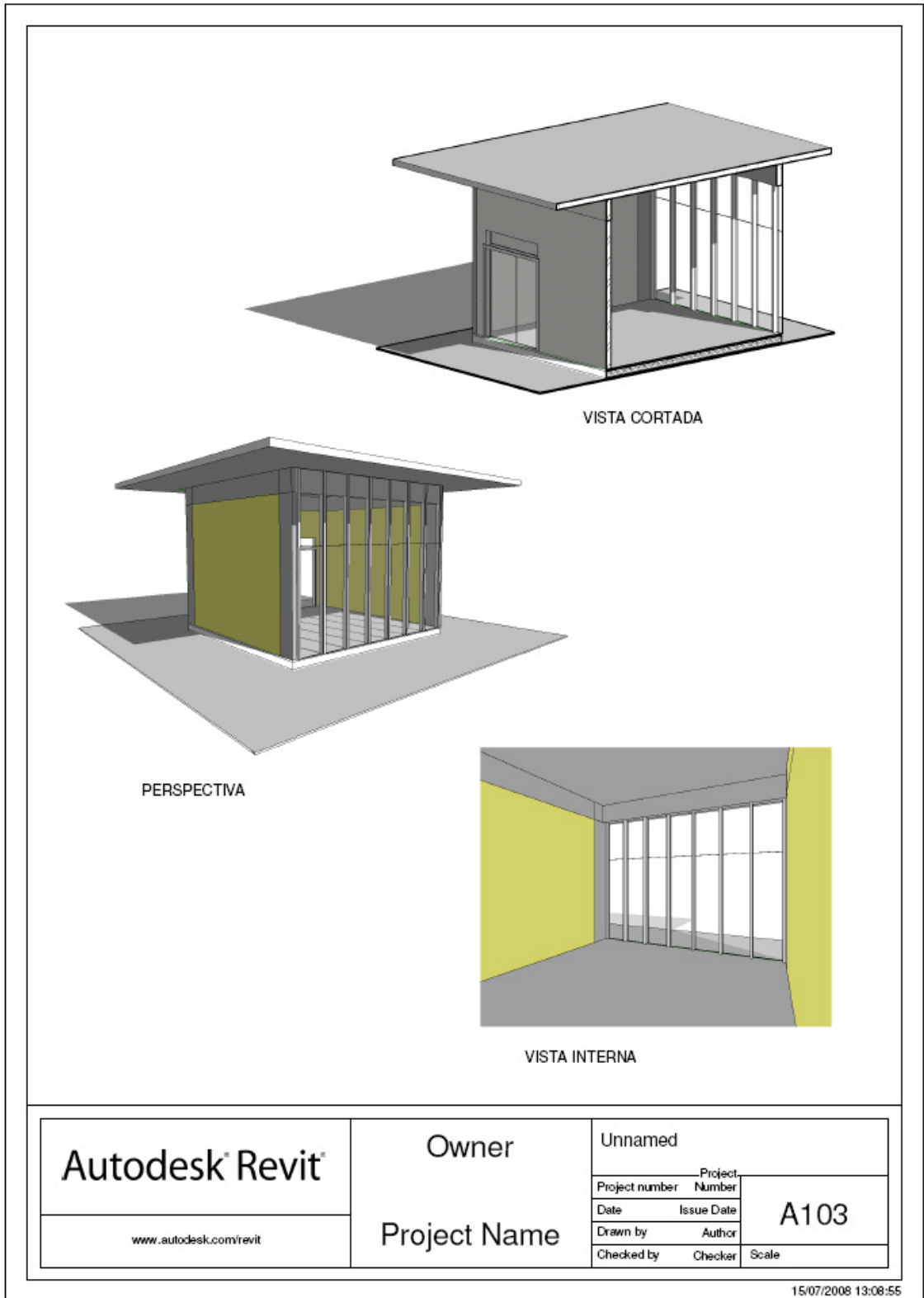


Figura V-00-34 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 02 alterado

Drawing List			
Sheet Name	Sheet Number	Designed By	Sheet Issue Date
Unnamed	A102	Designer	07/14/08
Unnamed	A103	Designer	07/14/08
Unnamed	A104	Designer	07/14/08

Room Schedule				
Name	Number	Area	Perimeter	Cost
SALA	1	25.75 m <sup>2</sup>	20.60	Not Computed

Panel Schedule				
Family and Type	Area	Height	Width	Cost
System Panel: Glazed	1.53 m <sup>2</sup>	2.40	0.64	
System Panel: Glazed	1.59 m <sup>2</sup>	2.40	0.66	
System Panel: Glazed	1.59 m <sup>2</sup>	2.40	0.66	
System Panel: Glazed	1.59 m <sup>2</sup>	2.40	0.66	
System Panel: Glazed	1.02 m <sup>2</sup>	1.60	0.64	
System Panel: Glazed	1.06 m <sup>2</sup>	1.60	0.66	
System Panel: Glazed	1.06 m <sup>2</sup>	1.60	0.66	
System Panel: Glazed	1.06 m <sup>2</sup>	1.60	0.66	
System Panel: Glazed	1.59 m <sup>2</sup>	2.40	0.66	
System Panel: Glazed	1.06 m <sup>2</sup>	1.60	0.66	
System Panel: Glazed	1.59 m <sup>2</sup>	2.40	0.66	
System Panel: Glazed	1.06 m <sup>2</sup>	1.60	0.66	
System Panel: Glazed	1.53 m <sup>2</sup>	2.40	0.64	
System Panel: Glazed	1.02 m <sup>2</sup>	1.60	0.64	

<h1 style="margin: 0;">Autodesk® Revit®</h1> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">www.autodesk.com/revit</p>	<h2 style="margin: 0;">Owner</h2>	Unnamed											
	<h2 style="margin: 0;">Project Name</h2>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 50%;">Project number</td> <td style="width: 50%;">Project Number</td> <td rowspan="4" style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle; font-size: large;">A104</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>Issue Date</td> </tr> <tr> <td>Drawn by</td> <td>Author</td> </tr> <tr> <td>Checked by</td> <td>Checker</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center; font-size: x-small;">Scale</td> </tr> </table>	Project number	Project Number	A104	Date	Issue Date	Drawn by	Author	Checked by	Checker		
Project number	Project Number	A104											
Date	Issue Date												
Drawn by	Author												
Checked by	Checker												
		Scale											

15/07/2008 13:09:24

**Figura V-00-35 - Software Revit Architectura, experimento C, prancha 03 alterado**

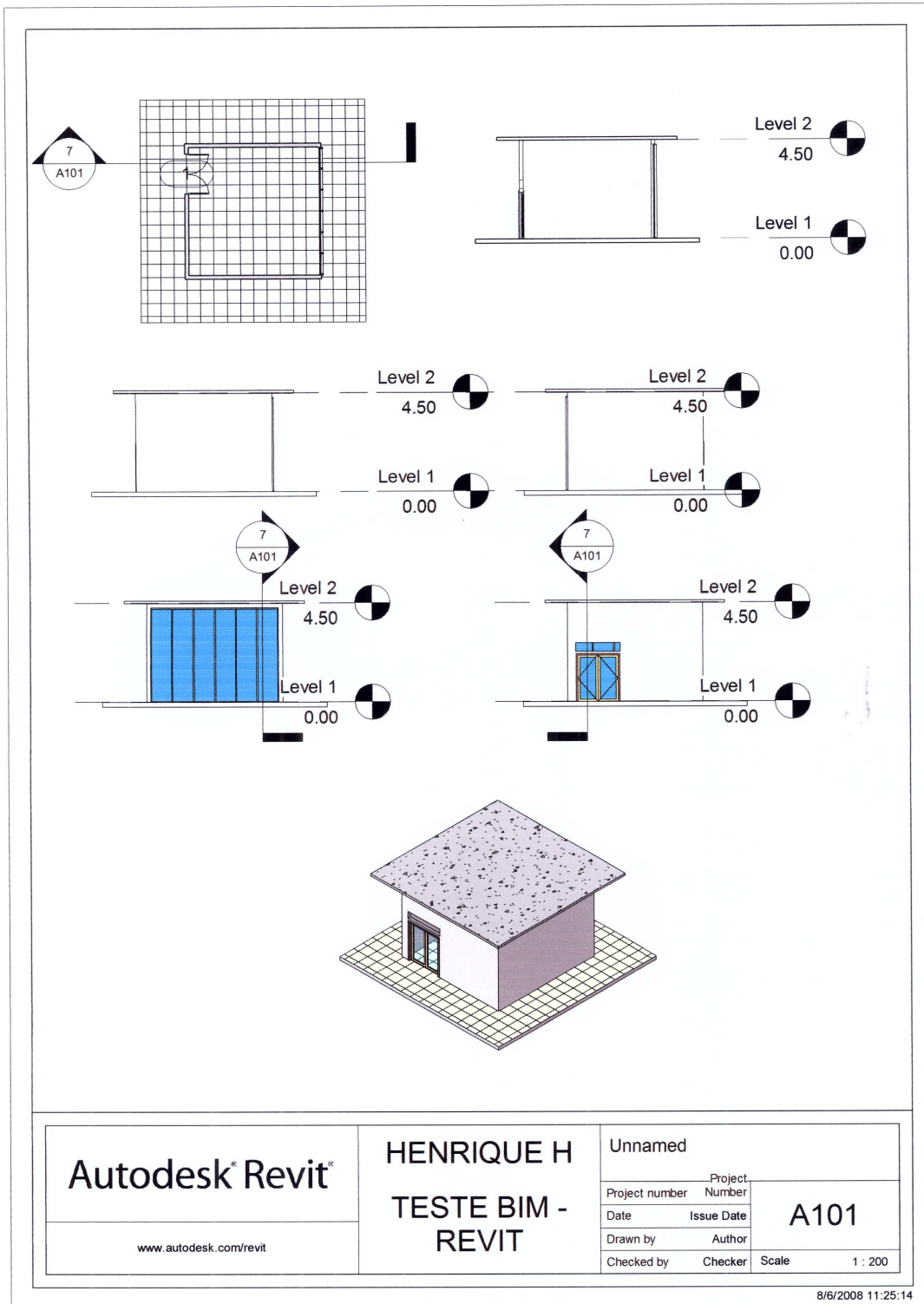


Figura V-0-36 - Software Revit Architectura, experimento D, prancha 01



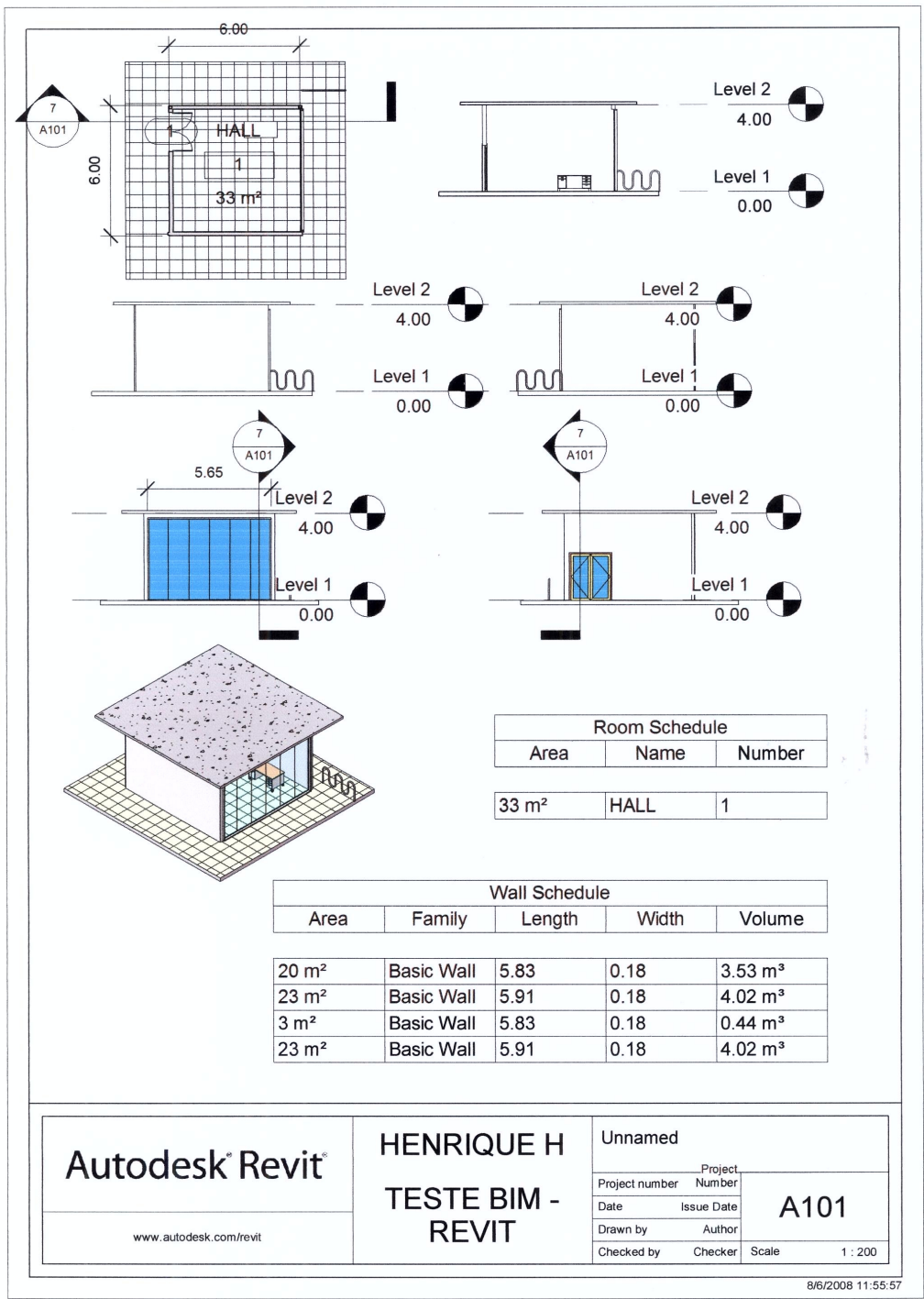


Figura V-0-37 - Software Revit Architectura, experimento D, prancha 02