

**ARQUITETURA DIGITAL
A REALIDADE VIRTUAL, SUAS APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES.**

Ruy Alberto de Assis Espinheira Neto

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. Luiz Landau, D.Sc.

Prof. Nelson F.F. Ebecken, D.Sc.

Prof. José Luis Drummond Alves, D.Sc.

Prof. Gerson Gomes Cunha, D.Sc.

Prof. Marcos Paraguassu de Arruda Câmara, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MAIO DE 2004

ESPINHEIRA NETO, RUY ALBERTO DE A.

Arquitetura Digital - A Realidade Virtual, Suas
Aplicações e Possibilidades [Rio de Janeiro]
2004

XI, 72 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Engenharia Civil, 2004)

TESE – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Arquitetura Digital 2. Realidade Virtual 3.
Aplicações em 3D 4. Maquete Eletrônica

I. COPPE/UFRJ II. Título (série).

*A todas as pessoas que amo nesta vida.
Sem vocês nada teria sentido.*

AGRADECIMENTOS

Por ser uma seção livre, começo pedindo licença para redigi-la na primeira pessoa. Afinal como posso agradecer às pessoas que me ajudaram sendo impessoal?

Em uma tese, a seção de agradecimentos tende a ser curta e direta, para que pelo menos alguns de seus leitores possam lê-la. Porém, quando uma tese de Mestrado demora quatro anos para ser defendida, existe um número tão grande de pessoas que merecem ser lembradas que tenho duas opções: ou não agradeço ninguém, ou estendo-me um “pouquinho” além do habitual, para que a justiça seja feita com a maior parte das pessoas que merecem. Vê-se que optei pela segunda alternativa. Aos leitores que estejam com o tempo escasso ou que não gostam de agradecimentos, que pulem esta seção.

Pra começar, é preciso agradecer a Deus, não somente por razões hierárquicas; mas principalmente pela impressionante forma como Ele se revela a cada instante, mostrando os caminhos.

No plano terreno, diversas pessoas me incentivaram e ajudaram quando fiz minhas escolhas e não poderia deixar de citar as que encabeçam a lista: Meu pai, Paulo Jorge D’Andrea Espinheira, que por ter sido pai muito novo, é como se fosse o meu primeiro amigo – e o é! Minha mãe, Graça Maria Costa Lima Espinheira, que por ser mãe traz consigo tanto amor e dedicação que não podem ser resumidos em algumas palavras, e, a eterna namorada, Rosemeire de Souza Fonseca, mulher forte, trabalhadora, companheira e amiga acima de tudo, que suporta com dedicação, paciência e muito amor todas as provações vividas. Meus irmãos, que sabem o quão chato eu sou, Muito obrigado a vocês! Eu os amo muito, e o apoio incondicional de vocês é que me motiva a seguir em frente, mesmo nas horas em que as forças estão se esvaindo.

Vitória Maria Silva, Tereza Rizério, Maria de Fátima Costa Lima e as demais pessoas de minha família, também têm destaque especial durante este tempo,

sendo fonte de consolo e de força para a continuação do trabalho. Por isso, um muito obrigado muito especial a todos vocês.

Seguindo uma seqüência cronológica, agradecerei (tentarei) a todos que me ajudaram e fizeram parte de alguma forma deste processo. Sendo assim, a primeira pessoa que me vem à mente é responsável por este texto está sendo escrito. Esta pessoa a quem eu devo muito é o professor Marcos Paraguassu de Arruda Câmara – Paragua. Foi ele quem inventou “esse negócio” de mestrado na COPPE. No meu último semestre na FAUFBA, foi meu professor, na realidade meu orientador, no trabalho de graduação individual – TGI, a partir daí não parei mais. Obrigado!

Meu companheiro de idas e vindas ao Rio de Janeiro, meu colega: Mario Rubim Cruz dos Santos, profissional dedicado e um professor apaixonado pelo seu trabalho, tanto que me colocou ao seu lado na UCSal. Um “jovem” querendo aprender cada vez mais. Agradeço pela amizade e confiança.

Outra pessoa a quem eu devo agradecimentos é o professor Luiz Landau. Orientador deste trabalho, que só faltou vir até a Bahia me buscar para que eu o concluísse. Obrigado pela paciência e dedicação que tem com seus orientandos. Tem também o José Luís Drummond Alves, o Zé, com quem me identifiquei muito, não é meu rei? Falando dos professores, tem o Nelson F.F. Ebecken, com quem fiz pelo menos uma disciplina por bloco – sinto saudade daquele cluster! Tem também o Gerson Cunha, professor e companheiro da Realidade Virtual. Aproveitando que estou agradecendo à turma da UFRJ, quero agradecer aos meus colegas: Custódio e Gilberto, e também a Estela Sampaio, por agüentar meu “porre” sem ter nada haver com a história. Ao pessoal do LAMCE, que me ajudou e quebrou muitos galhos quando precisei, principalmente à Mônica pelas matrículas e tudo mais, ao Luís Fernando pelo apoio nunca negado e também àquele almoço; e, Dona Leonor - quanta simpatia.

Agradeço a Pedro Pasta pela confiança e credibilidade, seu apoio foi fundamental para a minha permanência no Rio. Da mesma forma agradeço a

Mário Tapajoz, e a todos da CEDAE, que fizeram parte deste processo e me acolheram quando cheguei sem conhecer ninguém.

Não poderia esquecer a minha família carioca, meu irmão Hécio Gomes de Souza Filho e toda a galera da Dona Dina: Seu Hécio, Claudete, Claudia e a Alana. Estes realmente me agüentaram, e ainda vão ter que me suportar muito.

Ainda da turma do Rio, tenho que agradecer ao Jorge de Abreu Soares, quem me mostrou, literalmente, os caminhos da COPPE. Se existisse colega orientador, este seria ele - Obrigado!

Aos meus amigos aqui da Bahia, agradeço a todos vocês. Principalmente aos que em algum momento estiveram mais próximos: Corinto Sarno, Ernesto Barreto, Maria Clara Melro, Lourenço Mueller, e principalmente, Aloysio de Souza Neto, amigo dedicado, braço direito (e esquerdo), companheiro do dia a dia no escritório e em tudo que eu invento! Muito obrigado!

A esta turma nova que já mostrou para que veio: Cotrim Júnior, Edmilson Garcia, Sônia Fontes, e especialmente, Rosângela Figueiredo Bahia - só você para agüentar eu lendo em voz alta esta tese. E ao CNPq pelo fomento.

Fica claro e evidente que, pela extensão desta seção, procurei cobrir o maior número de pessoas possível. Aos que ficaram de fora, peço-lhes que me desculpem, pois vocês podem não aparecer no documento, mas estão tão presentes em meu coração como os acima citados.

MUITO OBRIGADO!

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. Escopo da Tese	1
1.2. Motivação.....	2
1.3. Objetivos da Tese	4
1.4. Estrutura do Documento	4
CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA CAD	6
2.1. Escolha e implantação.....	6
2.2. Domínio sobre a ferramenta	12
2.3. O papel do Homem.....	14
CAPÍTULO 3 – A REALIDADE VIRTUAL.....	15
3.1. Histórico	15
3.2. Conceitos Básicos	18
3.2.1. O que é Realidade Virtual (RV)	18
3.2.2. Formas de RV.....	21
a) RV de Simulação.....	21
b) Telepresença.....	22
c) Realidade Aumentada	22
d) RV de Projeção	24
3.2.3. Dispositivos de Realidade Virtual	25
a) Rastreadores.....	26
b) Capacetes e Óculos Esteroscópicos.....	26
c) Luvas	27
d) Áudio	28
3.2.4. Dispositivos de trajetória e físicos	29
a) Feedback tátil	30
b) Feedback de força.....	30

c) Feedback térmico	30
d) Plataformas móveis	31
3.2.5. Sistema de Realidade Virtual	31
3.3. Ferramentas para Criação de RV	31
3.4. Aplicações.....	34
CAPÍTULO 4 – O DESENHO 3D.....	37
4.1. A compreensão do desenho	37
4.2. Porquê utilizar	38
4.3. Como uma ferramenta de desenho (concepção)	38
4.4. Como uma ferramenta de apresentação	40
CAPÍTULO 5 – MODELAGEM DIGITAL TRIDIMENSIONAL.....	42
5.1. A Modelagem geométrica	43
5.2. Sistemas de Modelagem	44
5.3. Características de um Sistema de Modelagem	45
5.4. Aplicações.....	46
5.5. AutoCAD x 3D Studio	47
5.6. Rendering	48
CAPÍTULO 6 – RV, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO	50
6.1. A representação e apresentação do projeto.....	50
6.1.1. A RV na concepção do projeto	52
6.1.2. O objetivo do modelo x qualidade	54
6.1.3. A RV para fins promocionais	55
6.2. Ratificação da compreensão do projeto através do 3D	56
6.3. Conceito de RV na arquitetura.....	58
6.4. Questões técnicas	60

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
7.1. Conclusão	64
7.2. Contribuições desta tese	65
7.3. Trabalhos Futuros.....	66
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 67

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.)

ARQUITETURA DIGITAL:
A REALIDADE VIRTUAL, SUAS APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES

Ruy Alberto de Assis Espinheira Neto

Maio/2004

Orientador: Luiz Landau

Programa: Engenharia Civil

Embora os projetistas tenham sempre concebido suas idéias em três dimensões, a *apresentação* em 3D ainda é um novo campo. Uma apresentação 3D torna as idéias mais compatíveis com o real. A computação gráfica, a realidade virtual e toda a tecnologia disponível poderão exercer uma influência notável, não somente na arquitetura, mas na construção civil em geral num futuro bem próximo.

Sendo assim, e considerando que a arquitetura, tem um produto essencialmente “interativo”, pois não só o analisamos exteriormente como o habitamos, pode-se e deve-se tirar proveito desta tecnologia para viabilizar os projetos antes da sua edificação, desde a sua concepção até a apresentação às incorporadoras de imóveis.

Os resultados obtidos atingirão o pleno êxito, já que facilitará a interação entre os profissionais envolvidos no projeto, permitirá a criação de ambientes virtuais, a imersão em propostas arquitetônicas e urbanas e o enriquecimento da realidade com base em informações virtuais dos componentes da edificação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

DIGITAL ARCHITECTURE:
THE VIRTUAL REALITY, USES AND POSSIBILITIES

Ruy Alberto de Assis Espinheira Neto

May/2004

Advisor: Luiz Landau

Department: Civil Engineering

Although designers have always conceived their ideas in three dimensions, the 3D presentation is still a new field. A 3D presentation turns the ideas most compatible with the reality and drive creativity and productivity to a new level. The graphics computer, the virtual reality and all the available technology will be able to influence, architecture and civil construction in a very close future.

Therefore, considering that architecture has been "an essentially interactive" product, we don't only analyze its exterior but we inhabit it. Advantage must be taken off from this technology making projects possible, before their construction, all the way since conception up to presentation to real estate Agents.

The obtained results will be successful since they will improve the interaction with the involved professionals in the project, creating the virtual environment proposal, the immersion in urban architectural and the enrichment of the reality on the basis of virtual information of construction components.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Escopo da Tese

A representação do projeto sempre foi um problema para os arquitetos e engenheiros. Transmitir a sua idéia ao interlocutor, na sua maioria leigo, sempre foi uma tarefa difícil. Decodificar todas as informações de uma edificação a partir de representações bidimensionais é uma tarefa que exige não só habilidade e clareza por parte do autor do projeto, como conhecimento técnico e uma boa parcela de imaginação por parte de quem o interpreta. Este entendimento, na sua maioria, não é completo. A não compreensão do projeto (ainda em planta) por parte do cliente e/ou dos profissionais que o auxiliam, pode se transformar em um problema futuro.

ZEVI (1994), abordou justamente a lacuna entre a representação do espaço arquitetônico e o entendimento real de como o espaço se distribui em uma edificação, uma vez que as plantas, fachadas e elevações de um edifício correspondem a projeções abstratas justificadas pela necessidade de medir as distâncias entre os diversos elementos da edificação, ou seja, larguras, alturas e comprimentos, permitindo que os operários executem a obra. Segundo o autor, a arquitetura provém dos espaços encerrados, do vazio e do espaço interior em que os homens andam e vivem.

A representação do projeto arquitetônico sempre enfrentou as limitações do instrumental disponível. Sendo assim, desde a sua concepção, o processo de criação pode ser considerado a parte mais importante. Neste momento o autor deve transmitir as informações do projeto, suas idéias, sua imaginação, com os profissionais que o auxiliam e conseqüentemente ao cliente. Reafirma-se deste modo o compartilhamento de idéias como a parte mais importante na concepção do projeto.

É imprescindível a clareza na transmissão das idéias e concepções do arquiteto ou do engenheiro, tanto para a equipe de profissionais que dão suporte ao projeto como para a equipe que irá executá-lo. Em uma época

não muito distante, era fundamental que os profissionais envolvidos no projeto estivessem ao mesmo tempo no mesmo lugar para discutir as diferentes abordagens do projeto e problemas da obra, além de negociar as melhores soluções. Os detalhes construtivos eram discutidos “in loco” à medida que fossem surgindo.

A computação gráfica tem revolucionado a representação do projeto. Embora o emprego do computador como instrumento de projeto esteja bastante difundido entre os escritórios de arquitetura e projeto, ainda não se desenvolveu uma metodologia de trabalho que viabilize o uso eficiente dos recursos propiciados pelos sistemas CAD¹ - Estas tecnologias não estão sendo usadas plenamente. A explosão do uso da Internet, no Brasil, ajudou muito a popularização e diminuição de custos das novas tecnologias como, por exemplo, o uso da realidade virtual. A possibilidade de compartilhar os arquivos dos projetos provocou alguns profissionais, que enxergaram a dinamização do seu trabalho e enfim “se renderam”. Ainda assim, os sistemas CAD são usados na maioria dos casos como uma “prancheta digital de luxo”.

Com base nestas observações do dia-a-dia da prática profissional, procurou-se identificar, as tendências atuais de inovação no instrumental de representação de projeto, comunicação entre colaboradores e clientes, e a concepção sob a óptica das novas tecnologias, dando um panorama das últimas realizações nesta área e discorrendo sobre as perspectivas abertas a partir do quadro atual.

1.2. Motivação

As possibilidades da computação gráfica remetem o profissional a um universo, para alguns, completamente desconhecido. As diversas opções levam ao seguinte questionamento: Qual seria o melhor caminho para

¹ CAD – Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador

representar esses projetos? Esta é uma indagação que certamente não possui uma única resposta, pois o produto final de um modelo digital pode ter diversas características e depende, seguramente, de outros tantos fatores, que não só o “software” escolhido ou o “hardware”. Dentre estes fatores, o domínio do ferramental possui um impacto decisivo no resultado.

Atualmente, os escritórios que trabalham diretamente com o desenvolvimento de projetos, especificamente os de arquitetura, lançam mão da tecnologia para apoiar a sua produção. Mas de que forma? A geração atual de arquitetos de maior renome depende diretamente dos recém formados e até mesmo dos universitários para usar as “máquinas de CAD”. Estes, na sua maioria, têm uma noção do sistema que usam. Conhecem o básico, o suficiente para transpor as idéias do Arquiteto Titular, para o meio digital – são os famosos cadistas.

Com a implantação, nas Universidades, de disciplinas voltadas à utilização da computação no processo de criação do projeto, passa-se a ter uma redução gradativa no que se pode chamar de “Ignorância Tecnológica”. O que na Inglaterra, por exemplo, é classificado como um nível de analfabetismo. Estes novos profissionais se formam com um mínimo de conhecimento, pelo menos, na ferramenta principal para o arquiteto moderno, o lápis desta geração, que é o CAD.

Mas o produto gerado no CAD aprendido nas escolas de arquitetura, na sua maioria, são representações bidimensionais, representação em apenas um plano. Até mesmo quando se chega a um produto tridimensional, sua representação é bidimensional, através de uma cena em um plano. É preciso “USAR” a ferramenta que está à disposição. A tecnologia atual dispõe de inúmeras soluções de criação, representação e apresentação; culminando na necessidade de qualificação de pessoal para utilização destas possibilidades.

1.3. Objetivos da Tese

O objetivo nesta tese é analisar algumas questões inerentes ao projeto arquitetônico com a utilização de recursos da computação gráfica – a Realidade Virtual, observando os resultados obtidos, e, através de uma compilação de algumas publicações isoladas e principalmente da experiência do autor no tema proposto; conceituar e mostrar as etapas e possibilidades de utilização de modelos tridimensionais para os mais diversos fins na construção civil, apresentando exemplos práticos de situações pretéritas reais, indicando assim, uma metodologia de trabalho, que vai desde a criação de um projeto arquitetônico com recursos de uma interface tridimensional, até a sua fase final de acabamento, a etapa de “Rendering”.

Não se tem, aqui, a intenção de propor um modelo absoluto, finito, que represente a solução a estas questões, muito menos apresentar um tutorial de execução de comandos dos “softwares” usados. Porém, apresentar uma sugestão com base em experiências com a computação aplicada à arquitetura. Certamente, pode-se contribuir para, junto com demais publicações, apontar um caminho, uma saída mais imediatista para a representação do projeto através da computação gráfica e a realidade virtual, de maneira que sirva de guia à incursão neste universo digital.

1.4. Estrutura do documento

Esta tese encontra-se dividida em sete capítulos discriminados a seguir:

Capítulo 1: Refere-se à introdução com o seu escopo, motivação, objetivos e a estrutura do documento.

Capítulo 2: Traz aspectos relevantes da escolha e da implantação de um sistema CAD, sua classificação quanto à categoria e considerações sobre

o domínio da ferramenta, bem como o papel do homem no processo de implantação.

Capítulo 3: Introduz a realidade virtual, conceitua seus principais elementos, cita dispositivos de saída e entrada de dados, ferramentas para criação de RV e algumas aplicações. Situa o leitor no universo da realidade virtual.

Capítulo 4: Foca o problema da interpretação do desenho. A visualização de objetos tridimensionais através de representações bidimensionais interpretativas.

Capítulo 5: Conceitua e caracteriza os diversos modelos com suas respectivas aplicações.

Capítulo 6: Apresenta a amplitude da RV na elaboração e apresentação de projetos.

Capítulo 7: Considerações finais, Conclusão, Contribuições desta tese e possibilidades de prospecções futuras.

As imagens utilizadas neste trabalho foram cedidas pelo Estúdio Espinheira - www.espinheira.com.br.

CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA CAD

O uso de um sistema CAD poderá proporcionar benefícios de forma genérica aos seus usuários, simplificando o processo de produção de desenhos pela automação de tarefas repetitivas, conseqüentemente reduzindo o trabalho do profissional de projeto. Por ser um sistema preciso, aumenta a confiabilidade e facilita a elaboração das especificações, cálculo de quantitativos, dentre outras vantagens. Uma etapa à frente seria o 3D, onde sua visualização pode chegar a uma perfeição quase “real”, que resultará em uma obra mais econômica, facilmente executável e com maiores recursos para a preparação do “as built” da obra (Fig. 01).

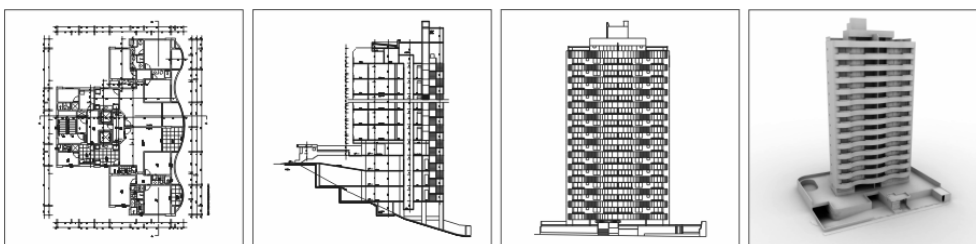


Fig.01: Planta baixa, corte, fachada e vista 3D de uma edificação a ser construída.

O usuário final será beneficiado por tomar ciência do resultado antes mesmo da obra ser iniciada, e das muitas questões resolvidas pela análise do modelo, acarretando uma obra adequadamente estudada sob seus vários aspectos, de melhor qualidade e economicamente viável.

2.1. Escolha e implantação

As ferramentas CAD, sejam elas quais forem, são a interface do profissional de projeto com a máquina. Sem a evolução do software, o uso dos computadores para desenvolvimento de projetos ainda estaria restrito a cientistas e pessoas altamente qualificadas. Mas, com o advento das interfaces gráficas e o uso do mouse, o computador se apresenta hoje,

cada vez mais intuitivo. E, apesar de ainda exigir uma qualificação maior, já é uma realidade nos escritórios de arquitetura.

As ferramentas CAD disponíveis no mercado podem ser classificadas em várias categorias. Uma particularidade útil é classificá-los em CAD's genéricos e CAD's dedicados. Os CAD's de uso genérico são aqueles destinados ao uso geral, ou seja, não estão orientados para uma determinada aplicação. Os representantes mais conhecidos desta categoria são o AutoCAD da Autodesk² e o Microstation da Bentley³. O primeiro é o mais popular e líder de mercado em vendas, sendo o produto mais utilizado pelos arquitetos e projetistas da área. O segundo é uma ferramenta também muito poderosa, sofisticada e profissional. Entretanto, é considerada corporativa, vindo a ser usada pelas instituições do governo e empresas de médio e grande porte, tendo como foco de atuação principal a área geotecnológica.

Existem ainda vários outros produtos de uso genérico como: Vector Works⁴ (antigo MiniCAD), DataCAD⁵, InteliCAD⁶ só para citar os mais conhecidos, dotados de recursos mais, ou menos sofisticados, com maior ou menor facilidade de uso e, com preços bastante diversificados.

Os CAD's dedicados são aquelas ferramentas orientadas para aplicações específicas, como Arquitetura, Engenharia Mecânica, Engenharia Estrutural, Cartografia, Topografia, Projeto de Vias, etc. A principal vantagem de se trabalhar com uma ferramenta dedicada, está na facilidade e rapidez com que são feitas a maioria das tarefas quando comparadas com aquelas realizadas com o emprego de um CAD de uso genérico.

² <http://www.autodesk.com>

³ <http://www.bentley.com>

⁴ <http://www.nemetschek.net/>

⁵ <http://www.datacad.com.br/>

⁶ <http://www.rctask.com.br/>

Entretanto alguns pacotes deste tipo são bastante limitados nas soluções que podem oferecer aos seus usuários. Os exemplos mais importantes desta categoria para uso em arquitetura são o Architectural Desktop, ARCHICAD e o ARC+. Infelizmente estes produtos, apesar de sua importância, dispõem de poucos usuários no Brasil, raros centros de treinamento e pouca bibliografia disponível em Português. Como nas ferramentas de uso geral, existe uma grande variedade de recursos e de preços entre esses produtos.

Existem módulos de extensão dos programas genéricos que lhes conferem especificidades para uma determinada aplicação, fazendo com que o programa de uso genérico se comporte como um de uso dedicado. É muito grande a variedade de módulos existentes para cada uma das áreas de aplicação. Para se ter uma idéia do número de *aplicativos* disponíveis, só para operar no ambiente do AutoCAD existem milhares de produtos. O ARQUI_3D⁷ é um grande exemplo desse tipo de ferramenta.

Estes módulos de extensão somente são capazes de operar no ambiente do software genérico para os quais foram desenvolvidos. Dessa forma o usuário que optar por esta solução deverá adquirir o *pacote básico* e mais os módulos que pretende utilizar. A utilização desses aplicativos é sem dúvida útil em muitos casos, entretanto acarretam maiores custos, e dificuldade de implantação. Assim, deverá ser verificada a sua real necessidade e analisado os prós e os contras dessa decisão.

Não é rara a adoção de uma solução que contemple a escolha de um software de uso dedicado e um outro de uso genérico com um ou mais módulos de extensão. Todas as soluções são válidas desde que devidamente analisadas sob os seus vários aspectos.

Um fator que não pode ser deixado de lado na hora da escolha de uma destas soluções é a base instalada no país e na região, a robustez técnica

⁷ Aplicativo específico para arquitetura, desenvolvido no Brasil por Geraldo Brodbeck e distribuído pela GRAPHO (Porto Alegre). Roda na plataforma do AutoCAD.

e comercial dos representantes locais, a existência de centros de treinamento e a bibliografia disponível. A avaliação inadequada destes fatores pode ser um fator de insucesso no processo de automação da empresa.

As ferramentas CAD podem ainda ser classificada em Editores de Desenho e Modeladores Tridimensionais. Os editores de desenho são sofisticados produtos para desenhar que substituem com grandes vantagens os tradicionais instrumentos de desenho. Já os modeladores tridimensionais permitem a construção de modelos numéricos dos objetos, que podem ser visualizados graficamente sob as mais diversas condições e submetidos a uma gama de análises no sentido da verificação da validade de uma solução proposta. A utilização correta destes recursos constitui sem dúvida alguma, um avanço no processo de projeto em benefício da qualidade do produto gerado.

Na Arquitetura, um recurso bastante atraente é a utilização da modelagem tridimensional para a visualização dos projetos (Fig. 02 e 03) a serem apresentados a contratantes, a potenciais clientes, ou ainda ao público em geral como é o caso das obras públicas.

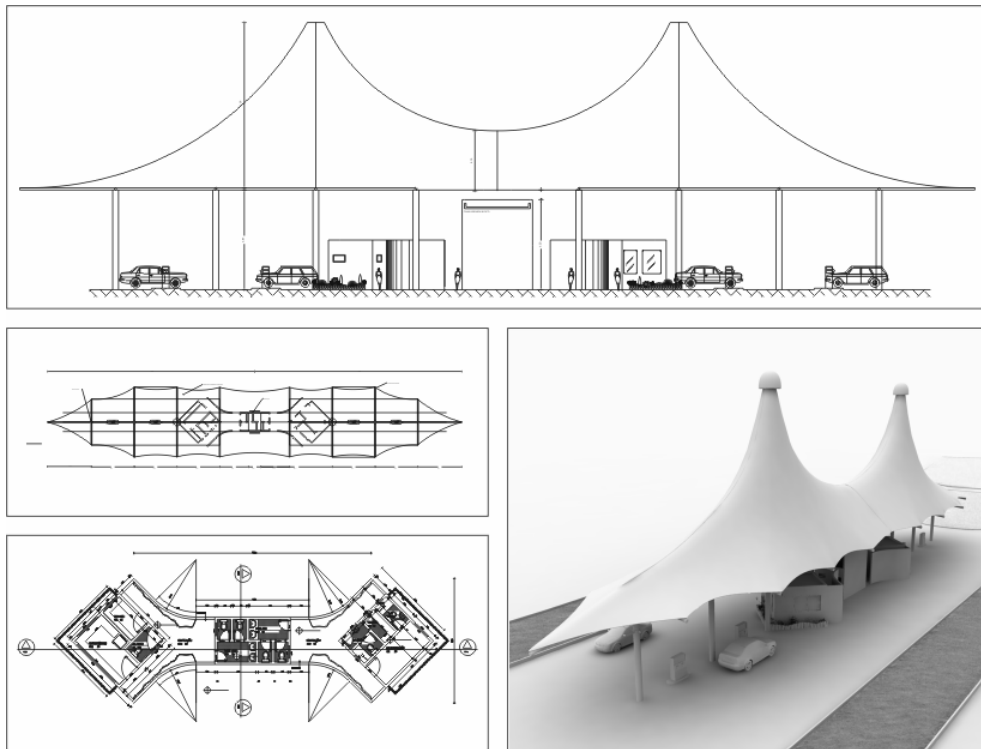


Fig. 02: Fachada, Planta baixa, cobertura e modelo 3D de um posto de gasolina. O modelo foi necessário para apresentar a proposta da cobertura ao cliente.



Fig.03: modelo 3D realista para apresentação aos investidores e licenciamento.

Esta visualização poderá contemplar o exterior da edificação com elementos do seu entorno e da paisagem urbana ou ainda os vários aspectos do seu interior simulando móveis, equipamentos, materiais de acabamento, vidros, iluminação, etc. Hoje, já é grande o número de ferramentas para modelagem tridimensional e que permitem a criação de

imagens realísticas, de perspectivas e recursos de animação; possibilitando aos futuros usuários da edificação uma íntima visualização e análise da mesma como se a estivesse visitando.

Os equipamentos utilizados para qualquer destas soluções, são estações comuns à maioria dos escritórios. A configuração usada é perfeitamente tangível, no que diz respeito ao seu custo e facilidade de aquisição, não tendo nenhuma particularidade maior na especificação das mesmas.

O principal é estar ciente de que implantar uma nova metodologia de trabalho em um escritório já estruturado e com a inserção de uma tecnologia que envolve um aprendizado em médio prazo, não é uma tarefa fácil. Deverá ser precedido de um planejamento detalhado que conduza à elaboração de um Plano Diretor de Automação de Projeto, que contemple todas as fases e atividades do desenvolvimento. Deve-se levar em consideração alguns pontos básicos. Desse modo, a escolha do software é sem dúvida um assunto complexo e que pode envolver custos significativos. Portanto, a decisão de compra deverá ser tomada com tranquilidade, avaliando-se tecnicamente as alternativas disponíveis, selecionando entre as mais viáveis aquela solução que se apresente adequada, seguindo critérios objetivos e racionais:

1. Levantamento das necessidades da Empresa;
2. Análise das alternativas de software;
3. Especificação e dimensionamento do hardware;
4. Política de treinamento do pessoal envolvido em nível operacional e gerencial;
5. Custo da solução x capacidade de investimento da Empresa;
6. Elaboração de um manual de projeto que contemple os vários aspectos metodológicos como: fluxos de dados, processos, gerenciamento da informação, de rotinas de trabalho, normas e padrões, integração e reflexos sobre as várias áreas da empresa, clientes, parceiros, fornecedores, etc.
7. Cronograma de implantação do sistema;

8. Implantação por etapas e avaliação dos resultados;
9. Operação e manutenção do sistema e;
10. Possibilidade de futuras expansões.

2.2. Domínio sobre a ferramenta

O emprego destas tecnologias impõe uma série de mudanças nas formas e relações de trabalho. A mão de obra exigida é extremamente qualificada. A idéia de grandes espaços físicos para comportar os escritórios perde totalmente seu significado, tornando o universo de trabalho do arquiteto uma workstation, onde ele tem o monitor como janela para um universo virtual.

Os sistemas computacionais modernos, voltados para o uso em projeto, se adequadamente utilizados reduzem o tempo total de desenvolvimento, eliminam as tarefas repetitivas, tornam mais rápido e preciso o registro de dados e informações, facilitam a geração de alternativas e o gerenciamento daqueles mais complexos, aumentando a confiabilidade e permitindo a sua otimização. Contudo, estes sistemas auxiliam, mas não substituem o projetista no processo criativo. A utilização de equipamentos e programas cada vez mais poderosos e sofisticados exige maior competência e experiência dos projetistas, que em última análise determinarão a produtividade do processo e a qualidade final do produto.

A informática tende a nivelar os profissionais pelos recursos que são disponibilizados. Características como o traço, habilidade para desenhar, etc, perdem a sua importância, pois passam a ser características inerentes ao sistema e não ao indivíduo. Desta forma, o elemento diferenciador entre os vários profissionais e particularmente os de arquitetura passam a ser exatamente as características que as máquinas ainda não são capazes de realizar. Dentre estas características podemos destacar a capacidade de análise subjetiva, a criatividade, a intuição, a percepção, etc (ARIVALDO, 1999).

Um sistema CAD 3D acrescenta uma maior precisão e incrementa o poder de análise, com a possibilidade de se visualizar o objeto de estudo em diferentes vistas estáticas ou animar esta visualização. O maior inconveniente de um sistema desses, implantado em condições “normais”, é o espaço físico da tela em sua estação, dotada de apenas um monitor. Quando se tem uma visão completa do conjunto ele perde o detalhe e vice-versa. Neste momento que entram os recursos de utilização de um segundo e um terceiro monitor, e, dos dispositivos acoplados à cabeça do usuário (HMD – head mounted display). O primeiro amplia a área de visão, permitindo que se tenha mais espaço na sua área de trabalho; e o segundo, remete a uma maior interação do usuário. Este processo interativo e preciso do desenvolvimento de projetos com tais ferramentas, associados à velocidade do processamento dos dados pela máquina, impõe ao projetista um ritmo de trabalho mais severo, exigindo-lhe velocidade de raciocínio e robustez técnica.

Apesar das facilidades geradas pelas ferramentas CAD, e todos os benefícios que os mesmos trazem, tem-se observado na prática que a utilização destas ferramentas não têm correspondido a uma efetiva melhoria na qualidade dos projetos e das obras acabadas. Deste modo, a mera e simples introdução de novas tecnologias e toda sua sofisticação, não garantem por si só a qualidade dos produtos gerados. Observando-se a eficiência desses sistemas, resta apontar a componente humana como responsável. Entra então a questão da qualificação de pessoal, onde a formação profissional deve-se adaptar aos novos tempos.

A qualificação de pessoal e a questão organizacional do sistema informatizado são fatores freqüentemente negligenciados e é o motivo da maioria dos insucessos. Um sistema computacional que pretenda eficiência, robustez e durabilidade, deve encarar com igual seriedade os seus componentes básicos: equipamentos, programas e recursos humanos.

2.3. O Papel do Homem

A busca de soluções num sistema computacional requer equipamentos e programas adequados. Mas, só com capacitação que estes equipamentos e softwares terão alguma finalidade. Conhecer, discutir, experimentar, sistematizar as informações disponíveis sobre a tecnologia de ponta e formar uma consciência crítica de todos os fatores envolvidos é, sem dúvida, um dos caminhos para a aplicação eficiente e, sobretudo eficaz da linguagem computacional.

O sucesso do processo de informatização depende do domínio da aplicação que se pretende desenvolver; a integração das várias fases, desde estudos preliminares, levantamentos de campo, planejamento, desenvolvimento, implantação, operação e manutenção de um empreendimento; a plena consciência do significado e das dificuldades associados ao processo de implantação dos sistemas; a elaboração de um projeto adequado ao processo de automação; a reformulação estrutural e organizacional da empresa e a metodologia; o treinamento na utilização do sistema e o grau de envolvimento do pessoal.

Em nenhuma hipótese, e como já foi afirmado anteriormente, se faz possível dispensar o conhecimento da área de aplicação específica de projeto de arquitetura, planejamento urbano, etc. O sistema CAD e sua enorme potencialidade não fazem do usuário um especialista. A intuição não é bastante para uma prática profissional de sucesso. É um ingrediente fundamental que associado ao bom senso e capacidade técnica, forma o profissional.

No próximo capítulo o leitor será introduzido à Realidade Virtual através de um breve histórico, conhecerá seus conceitos básicos, algumas formas de RV e seus dispositivos, bem como terá conhecimento de algumas de suas aplicações.

CAPÍTULO 3 – A REALIDADE VIRTUAL

3.1. Histórico

A Realidade Virtual começou na indústria de simulação, com os simuladores de vôo que a Força Aérea dos Estados Unidos passou a construir depois da Segunda Guerra Mundial.

A indústria de entretenimento também teve um papel importante no surgimento da Realidade Virtual através do simulador Sensorama. O Sensorama era uma espécie de cabine que combinava filmes 3D, som estéreo, vibrações mecânicas, aromas, e ar movimentado por ventiladores; tudo isto para que o espectador tivesse uma viagem multisensorial. Patenteado em 1962, por Morton Heilig, o Sensorama já utilizava um dispositivo para visão estereoscópica.

Alguns anos depois, por volta de 1965, Ivan Sutherland apresentou à comunidade científica a idéia de usar computadores para desenhar projetos diretamente na tela através do uso de uma caneta ótica - foi o início dos gráficos computadorizados (computação gráfica). Sua experiência com visores gráficos, gerando polígonos rudimentares em telas manchadas, carregadas de pixels, tinha a intenção de fazer o computador desenhar, como levar a máquina além da simples exibição de caracteres – O Sketchpad. Sutherland desenvolveu o primeiro videocapacete totalmente funcional para gráficos. Com o uso deste videocapacete era possível ver, através da movimentação da cabeça, os diferentes lados de uma estrutura de arame na forma de um cubo flutuando no espaço.

Em 1968, Doug Engelbart abriu espaço para a interface contemporânea. Promoveu uma apresentação pública em São Francisco e apresentou duas novas formas de entrada de dados, além do tradicional teclado: Um novo teclado que usava um sistema de “acordes” de toques, e uma segunda ferramenta de input, que acabou por desenvolver um mercado, o mouse. O

mouse de Engelbart fazia o papel de representante do usuário no espaço de dados, exatamente como o mouse ao qual se está acostumado, embora tenha demorado uma década para chegar à forma atual. O feedback visual da movimentação do mouse proporcionava uma interação com a máquina, pois permitia manipular realmente as coisas dentro dela, sendo por isso muito mais que um dispositivo apontador. Segundo STEVEN (1997), A demonstração de 30 minutos feita por Engelbart foi o primeiro vislumbre público do espaço-informação, e até hoje se está vivendo à sua sombra.

Mas na mesma época em que Sutherland criava na Universidade de Utah seu videocapacete, Myron Krueger experimentava combinar computadores e sistemas de vídeo, criando Realidade Artificial na Universidade de Wisconsin. Em 1975 Krueger criou o VIDEOPLACE, onde uma câmera de vídeo capturava a imagem dos participantes e projetava em 2D numa grande tela. Os participantes podiam interagir uns com os outros e com objetos projetados nessa tela, sendo que seus movimentos eram constantemente capturados e processados. Essa técnica tornou-se também conhecida como Realidade Virtual de Projeção.

Em 1982, Thomas Furness demonstrava para a Força Aérea Americana o VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator), conhecido como Super Cockpit - um simulador que imitava a cabine de um avião através do uso de computadores e videocapacetes interligados, representando um espaço gráfico 3D. Os videocapacetes integravam a parte de áudio e vídeo. Assim, os pilotos podiam aprender a voar e lutar em trajetórias com seis graus de liberdade (6DOF), sem decolar verdadeiramente, ficando praticamente isolados do mundo ao seu redor. O VCASS possuía uma alta qualidade de resolução nas imagens e era bastante rápido no rendering de imagens complexas. No entanto apresentava um problema: milhões de dólares eram necessários apenas para o capacete. Através do uso de uma nova tecnologia de visores de cristal líquido (LCD) Michael McGreevy começou a trabalhar no projeto VIVED (Virtual Visual Environment Display) em 1984 na NASA, no qual as imagens seriam estereoscópicas. A resolução das imagens era limitada em comparação ao VCASS, mas o

custo era bastante atrativo. A estrutura de áudio e vídeo foi então montada sobre uma máscara de mergulho utilizando dois visores de cristal líquido com pequenos autofalantes acoplados. Scott Fisher se junta a esse projeto no ano de 1985 com o objetivo de incluir nele: luvas de dados, reconhecimento de voz, síntese de som 3D, e dispositivos de feedback tátil.

Thomas Zimmerman e Jaron Lanier fundam em 1985 a VPL Research tendo como primeiro produto uma luva de dados, chamada DataGlove, desenvolvida por Zimmerman e capaz de captar a movimentação e inclinação dos dedos da mão. No mesmo ano uma dessas luvas foi comprada para o projeto VIVED.

No final de 1986 a equipe da NASA já possuía um ambiente virtual que permitia aos usuários ordenar comandos pela voz, escutar fala sintetizada e som 3D, e manipular objetos virtuais diretamente através do movimento das mãos. O mais importante é que através deste trabalho foi possível verificar a possibilidade de comercialização de um conjunto de novas tecnologias, sendo que o preço de aquisição e desenvolvimento tornava-se mais acessível.

A conscientização de que os empreendimentos da NASA baseavam-se em equipamentos comercializáveis deu início a inúmeros programas de pesquisa em Realidade Virtual no mundo inteiro. Organizações variando de firmas de software até grandes corporações de informática começaram a desenvolver e vender produtos e serviços ligados à Realidade Virtual.

Em 1989 a AutoDesk® apresentava o primeiro sistema de Realidade Virtual baseado num computador pessoal.

3.2. Conceitos Básicos

3.2.1. O que é Realidade Virtual (RV)

O termo Realidade Virtual é creditado a Jaron Lanier, que nos anos 80 sentiu a necessidade de um termo para diferenciar as simulações tradicionais por computação dos mundos digitais que ele tentava criar. O termo é bastante abrangente, e por isto acadêmicos, desenvolvedores de software e principalmente pesquisadores procuram definir Realidade Virtual baseados em suas próprias experiências. PIMENTEL (1995), define Realidade Virtual como o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade – um novo meio de estar e tocar em informações: “*Realidade Virtual é o lugar onde humanos e computadores fazem contato*”. LATTA (1994), cita Realidade Virtual como uma avançada interface homem-máquina que simula um ambiente realístico e permite que participantes interajam com ele.

Em geral, o termo Realidade Virtual refere-se a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D, geradas em tempo-real por computador. MACHOVER (1994), afirma que a qualidade dessa experiência em RV é crucial, pois deve estimular ao máximo, de forma criativa e produtiva o usuário - a realidade precisa reagir de forma coerente aos movimentos do participante, tornando a experiência consistente. O principal objetivo desta tecnologia é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual.

Esta interface envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Para suportar esse tipo de interação, o usuário pode utilizar dispositivos não convencionais como

capacete de visualização e controle, luva, e outros. Estes dispositivos dão ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar, e realizar outras ações (KIRNER, 1999).

Dois fatores bastante importantes em sistemas de RV são imersão e interatividade. A imersão pelo seu poder de prender a atenção do usuário, podendo ser física ou psicológica e a interatividade no que diz respeito à comunicação usuário-sistema. Um sistema de realidade virtual envolve estudos e recursos ligados com percepção, hardware, software, interface do usuário, fatores humanos, e aplicações. Para a elaboração de sistemas de realidade virtual de ponta é necessário ter algum domínio sobre: dispositivos não convencionais, computadores de alto desempenho e boa capacidade gráfica, sistemas paralelos e distribuídos, modelagem geométrica tridimensional, simulação em tempo real, navegação, detecção de colisão, avaliação, impacto social, projeto de interfaces, e aplicações simples e distribuídas em diversas áreas.

Segundo KIRNER (1999), a idéia de imersão⁸ está ligada com o sentimento de se estar dentro do ambiente. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização, mas existem também sistemas imersivos baseados em salas com projeções das visões nas paredes, teto, e piso (CAVE). Além do fator visual, os dispositivos ligados com os outros sentidos também são importantes para a sensação de imersão, como som, posicionamento automático da pessoa e dos movimentos da cabeça, controles reativos, etc.

⁸ A palavra imersivo neste documento refere-se apenas à imersão física, não abrange as características da imersão psicológica.

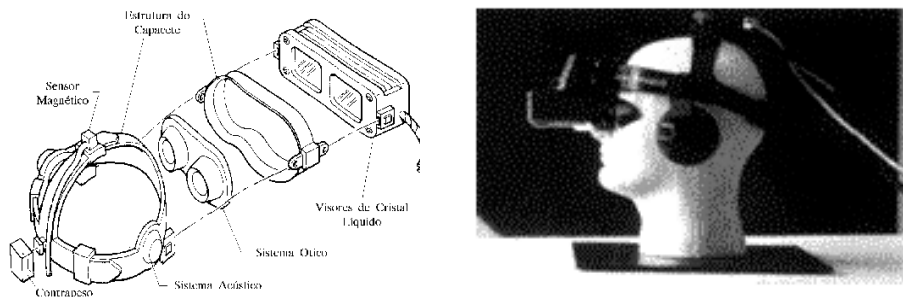


Fig.04:capacete de realidade virtual; esquema e utilização.

O envolvimento com qualquer atividade depende diretamente do grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com este objetivo específico, podendo ser passivo, como ler um livro ou assistir televisão; ou ativo, ao participar de um jogo com algum parceiro. Uma vez que a realidade virtual permite a exploração de um ambiente virtual, é possível tanto assumir a posição de espectador apenas, ou interagir completa ou parcialmente com um mundo virtual dinâmico.

A navegação no mundo virtual, assim como no mundo real, acontece no espaço tridimensional, resultando da combinação dos movimentos de translação e de rotação, deslocando os três eixos cartesianos X, Y, Z e ainda, rotacionar em torno deles. Desta forma obtém-se os 6 graus de liberdade – 3 de translação e 3 de rotação (6 DOF). A maneira mais usual para tomar os valores positivos de translação e rotação é a regra da mão direita.

É preciso observar que os sistemas diferem entre si, levando em conta o nível de imersão e de interatividade proporcionado ao participante. Ambos são determinados de acordo com os tipos de dispositivos de entrada e saída de dados usados, além da velocidade e potência do computador que suporta o sistema de RV. É claro que tudo vai depender da sua finalidade. Então, a realidade virtual, pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. Isoladamente, essas idéias não são exclusivas de realidade virtual, mas aqui elas coexistem.

A idéia de interação está ligada com a capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa). As pessoas gostam de ficar cativadas por uma boa simulação e de ver as cenas mudarem em resposta aos seus comandos. Esta é a característica mais marcante nos viciantes games.

3.2.2. Formas de RV

a) RV de Simulação

A Simulação representa o tipo mais antigo de sistema de RV porque se originou com os simuladores de vôo desenvolvidos pelos militares americanos depois da Segunda Guerra Mundial.

Um sistema de RV de Simulação basicamente imita o interior de um carro, avião ou jato, colocando o participante dentro de uma cabine com controles. Dentro dessa cabine, telas de vídeo e monitores apresentam um mundo virtual que reage aos comandos do usuário. As imagens aparecem de forma bastante rápida. Em alguns sistemas as cabines são montadas sobre plataformas móveis, além de dispor de controles com feedback tátil e auditivos. Nesse caso, o usuário, através dos dispositivos de realidade virtual, participa de um mundo virtual gerado pelo aparato tecnológico, interagindo com ele em tempo real. O ambiente virtual, além de simular um ambiente real, como nas aplicações militares ou médicas, pode ainda criar um mundo imaginário com seus elementos e comportamentos.

As restrições físicas e comportamentais do mundo real podem ser quebradas no mundo virtual. O usuário pode optar por voar, passar por paredes e objetos, mergulhar no solo, navegar em alta velocidade, ser teletransportado de um ambiente para outro, e o que mais vier à sua imaginação.

A semelhança nos sistemas de simulação e telepresença está no uso de interfaces bem elaboradas, diferindo apenas na atuação sobre o ambiente. O sistema de simulação faz com que a interface atue diretamente sobre o computador que vai atuar, por sua vez, com um mundo virtual real ou imaginário. Enquanto a telepresença faz com que a interface atue sobre o telerobô que vai atuar sobre o mundo real.

b) Telepresença

Este tipo de RV utiliza câmeras de vídeo e microfones remotos para envolver e projetar o usuário profundamente no mundo virtual. Em alguns casos onde possa haver dificuldade de transferência ou tratamento em tempo real de imagens reais complexas, a substituição do mundo real por um mundo virtual equivalente pode resolver o problema, na medida em que as imagens podem ser geradas localmente. As transferências de informações são reduzidas a dados de posicionamento.

O Controle de robôs e exploração planetária são exemplos de pesquisas em desenvolvimento. No entanto, existe um grande campo de pesquisa no uso de telepresença em aplicações médicas. Em intervenções cirúrgicas, já se utilizam câmeras de vídeo e cabos de fibra óptica para visualizar os campos operatórios de seus pacientes. Através da RV eles podem, literalmente intervir, indo direto ao ponto de interesse e/ou vistoriar outros procedimentos.

c) Realidade Aumentada

Existem dois tipos de realidade aumentada: see-through (ver através) e non see-through (não ver através).

Obtido mesclando-se sistemas de RV de simulação com telepresença, é uma combinação da visão do ambiente real com o ambiente virtual. A

Realidade Aumentada utiliza dispositivos presos à cabeça nos quais os dados são projetados. Pelo fato desses displays serem transparentes, o usuário pode ver dados, diagramas, animações e gráficos 3D sem deixar de enxergar o mundo real, tendo informações sobrepostas ao mundo real. Estes displays permitem essa visão através das informações geradas pelo computador. O usuário pode, por exemplo, estar consertando algo e visualizando nos óculos os dados necessários a esta operação, ou ainda olhando para um terreno baldio e visualizando uma edificação implantada virtualmente. Também é possível coletar a imagem real com uma câmera de vídeo e misturá-la com a imagem virtual antes de ser apresentada. Com isso é possível enxergar um objeto real com o seu detalhamento interno gerado por computação gráfica.

O fator complicador desse sistema é a superposição exata do mundo virtual com o mundo real. É preciso ter sensores de posicionamento auxiliando a utilização do sistema. Um conjunto típico de realidade aumentada baseado em vídeo é composto de um capacete de visualização com sistema de rastreamento de posição, sobre o qual é disposta a câmera de vídeo. Nesse caso, a imagem real é obtida pela câmera de vídeo montada sobre o capacete, enquanto a imagem virtual é gerada por um computador que considera o posicionamento do rastreador. Um misturador combina as duas imagens e mostra o resultado final ao usuário.

Um terceiro tipo pode ser considerado dentro da realidade aumentada, a realidade melhorada, onde um sistema de processamento de imagem gera informações adicionais para serem sobrepostas à imagem real. O resultado pode vir a ser, tanto a geração de imagens obtidas através de uma melhoria no espectro da imagem, visível ao olho humano; quanto uma alteração espacial, ambas gerando transformações e observações sobre a imagem: como distância, tipo, etc.

d) RV de Projeção

Também conhecida como Realidade Artificial, esta categoria de RV foi criada nos anos 70 por Myron Krueger. Na RV de Projeção o usuário está fora do mundo virtual, mas pode se comunicar com personagens ou objetos dentro dele.

O sistema de RV de Projeção, VIDEOPLACE, criado por Krueger nesta época capturava a imagem do(s) usuário(s) e projetava-a numa grande tela que representava um mundo virtual. Nesse mundo virtual usuários podiam interagir uns com os outros ou com objetos. Krueger criou o termo Realidade Artificial para descrever o tipo de ambiente criado pelo seu sistema, que poderia ser utilizado sem a necessidade do participante vestir ou usar dispositivos de entrada de dados.

Hoje existem vários tipos de sistemas baseados em projeção, dentre eles a tela panorâmica, a mesa virtual e a CAVE. Todos eles podem propiciar imersão total ou parcial, de poder trabalhar com cenas virtuais em tamanho real, e de permitir multi-usuários. A tela panorâmica consiste de uma tela curva, cobrindo 180 graus, onde são projetadas partes da cena em seqüência, por vários projetores. A mesa virtual é uma base horizontal ou inclinada de vidro, onde projeta-se uma imagem com efeitos estereoscópicos, viabilizando ao usuário, através do uso de óculos estereoscópicos, a visualização e manipulação de objetos em três dimensões. Uma outra possibilidade é usar dois planos perpendiculares, dando maior campo de visão e realismo. O terceiro tipo, a CAVE foi desenvolvido na Universidade de Illinois, Chicago, em 1992 e, tornou-se o mais popular devido as suas características de imersão, tamanho real e visualização em grupo. Trata-se de uma sala, onde as paredes, piso e teto funcionam como telas para a projeção sincronizada das partes de um mundo virtual. Uma vez dentro deste ambiente, o usuário tem uma sensação de completa imersão, podendo interagir com o sistema, usando luvas, rastreadores e óculos estereoscópicos.

3.2.3. Dispositivos de Realidade Virtual

São os modos utilizados pelo participante da experiência de RV, para entrar no mundo virtual. Sem o dispositivo de entrada de dados o usuário participa da experiência em RV apenas de forma passiva, sem poder interagir-se à virtualidade.

Pimentel, no ano de 1995, divide esses dispositivos de entrada de dados em duas categorias: dispositivos de *interação* (permitem ao usuário a movimentação e manipulação de objetos no mundo virtual); e dispositivos de *trajetória* (monitoram partes do corpo do usuário, detectando os movimentos, para criar a sensação de presença no mundo virtual).

São vários os tipos de Interação, sendo que cada um deles possui suas finalidades. A escolha do dispositivo de interação mais adequado leva em conta não apenas a finalidade do sistema, mas também o software utilizado, pois a eficiência do sistema vai depender da capacidade do software aproveitar as características do dispositivo. Os dispositivos mais simples e baratos são os 2DOF, que agem diretamente, porém de forma mais simples no mundo virtual. São os mouses, os joystick, etc. Tem-se também, os sensores de entrada biológicos processam atividades chamadas de indiretas, como comando de voz e sinais elétricos musculares. Existe uma série de diferentes dispositivos de interação além dos citados acima. Muitos são criados a cada ano, enriquecendo a possibilidade de hardware para RV. Sendo que não podemos esquecer do *teclado*, que também é capaz de emitir comandos para um sistema de RV.

a) Rastreadores

Existem várias tecnologias para captar o movimento humano, tanto para animação quanto para aplicações de realidade virtual. Enquanto que a animação visa a obtenção de movimentos realistas de personagens animados, as aplicações de realidade virtual utilizam a captura de

movimentos principalmente para monitorar a posição e orientação da cabeça e mãos do usuário em tempo real.

As tecnologias de captura de movimentos utilizadas em realidade virtual incluem: mecânica, ótica, ultra-sônica e magnética.

b) Capacetes e Óculos Estereoscópicos

A Estereoscopia lida com o fato de que cada um dos olhos humanos, devido à sua localização na face, vê imagens ligeiramente diferentes quando olha para algo. Ao contrário das imagens que dão a noção de profundidade, as imagens estereoscópicas parecem flutuar diante da superfície na qual estão apresentadas.

Nas imagens estereoscópicas geradas por computador, a quantidade de paralaxe - distância entre imagens esquerda e direita - determina a distância aparente dos objetos virtuais em relação ao observador. O cérebro reúne as duas imagens em uma, sendo que esta parece ter características de profundidade, distância, posição e tamanho. Uma paralaxe menor, por exemplo, resulta na ilusão de que o objeto está distante.

Em Realidade Virtual, a visão estereoscópica é um importante fator na determinação do nível de imersão do sistema. No entanto, deve-se levar em conta que, na maioria dos sistemas, exibir imagens separadas para olho esquerdo e direito, exige do hardware o dobro de potência de processamento de imagem. O principal equipamento para obtenção de uma visão estereoscópica são os dispositivos de cabeça.

Tanto os capacetes quanto os óculos dão noção de profundidade, mas os capacetes permitem a imersão, enquanto os óculos não fazem isto por si só, dependendo do ambiente de visualização. Usando monitor, a

visualização pode ser considerada não imersiva, enquanto que dentro de uma CAVE tem-se a visualização imersiva.

Os óculos estereoscópicos funcionam com a comutação de abertura (transparência) e fechamento (escurecimento) de cada lente, sincronizados com a apresentação da imagem para cada olho no monitor. Como cada imagem é defasada da outra, em relação à distância, a comutação rápida da imagem e a abertura/fechamento das lentes faz com que a pessoa tenha a sensação de estar enxergando uma cena real tridimensional.

Já o capacete, apresenta duas imagens defasadas (uma para cada olho) diretamente nos olhos do usuário. Como o capacete é rastreado, a movimentação da cabeça faz com que as imagens sejam geradas de acordo com a posição e orientação do usuário.

c) Luvas

Com as luvas é possível capturar os gestos mais naturais e intuitivos: puxar, empurrar, girar, agarrar, soltar, etc. Uma luva é construída de material leve com transdutores acoplados ao longo dos dedos. As suas características são alteradas pela sua tensão. Um rastreador no pulso fornece o posicionamento e a orientação da mão enquanto os transdutores dão os movimento dos dedos. Uma variação das luvas são aquelas com reação de força, constituídas de sensores e atuadores, dando a impressão de toque real nos objetos.

O uso de luvas de dados ajuda a aumentar a sensação de presença no mundo virtual. Atualmente existem diversos modelos de luvas disponíveis no mercado de RV, que são utilizados de acordo com suas diferentes finalidades.

d) Audio

Os dois ouvidos captam ondas sonoras provenientes de todas as direções. O formato de concha do ouvido externo capacita-o para o trabalho de coletar ondas sonoras e direcioná-las para os vários caminhos através do canal auditivo. O cérebro então recebe e processa as características deste som para determinar ou localizar o local exato da fonte sonora. Os sistemas de som 3D duplicam artificialmente os ativadores naturais que auxiliam o cérebro a localizar o som, além de recriar eletronicamente esses efeitos em tempo-real.

Também conhecido como som binaural, o som 3D tem o objetivo de proporcionar uma sensação de imersão. Da mesma forma que o ser humano possui visão estereoscópica, também possui audição estéreo, e apesar dos sistemas de som 3D funcionarem de maneiras diversas, compartilham o mesmo objetivo: enganar o cérebro, visto que num sistema perfeito de som 3D não é possível diferenciar realidade e simulação: o som pode vir de toda e qualquer direção.

As gravações de som tridimensional baseiam-se em um processo de manipulação auditiva que permite que o artista ou o engenheiro de gravação posicione os sons no espaço, controlando sua direção, distância e profundidade.

A presença de sons em ambientes virtuais faz com que a ilusão do realismo fique maior. Isto é conseguido através da simulação sonora com características como posicionamento, reflexão, geradores sonoros móveis, atraso e absorção. Esses sons podem ser gerados em alto falantes ou em fones de ouvido, fazendo parte ou não de capacetes.

3.2.4. Dispositivos de trajetória e Físicos

Muitos dos dispositivos de interação mencionados acima contam com um dispositivo responsável pela tarefa de detecção ou rastreamento da trajetória, conhecido como dispositivo de trajetória ou tracking.

Os dispositivos de trajetória trabalham baseados na diferença de posição ou orientação em relação a um ponto ou estado de referência. Basicamente existe uma fonte que emite o sinal (que pode estar localizada no dispositivo de interação), um sensor que recebe este sinal e uma caixa controladora que processa o sinal e faz a comunicação com o computador.

A maioria das aplicações que utilizam detecção de trajetória faz uso de pequenos sensores colocados sobre as partes do corpo ou sobre o objeto (se for o caso), técnica conhecida como tracking ativo. Dispositivos de trajetória de dispositivos de interação com 6DOF utilizam técnicas eletromagnéticas, ultra-sônicas, mecânicas ou óticas para fazer a medida dos movimentos. Como alternativa, o tracking passivo utiliza câmeras ou sensores óticos ou de inércia para observar o objeto e determinar sua posição e orientação. Diferente dos dispositivos que utilizam tracking ativo, os dispositivos de tracking passivo utilizam apenas um sensor para rastrear o objeto.

Os dispositivos físicos procuram estimular as sensações físicas, como o tato, tensão muscular e temperatura. Diferente dos dispositivos de saída de visão e audição, os dispositivos físicos requerem uma sofisticada interação eletromecânica com o corpo do usuário. A tecnologia existente atualmente não é capaz de estimular os sentidos físicos com o nível de realismo que atinge os sentidos visuais e auditivos: o problema está além da criação de dispositivos de feedback, pois envolve também a compreensão e simulação das forças/apropriadas. Tem-se:

a) Feedback tátil

Feedback tátil é o nome dado a sistemas que transmitem sensações que atuam sobre a pele. O feedback tátil deve fornecer não apenas a sensação do toque, mas também, permitir ao usuário perceber se está tocando uma superfície lisa ou rugosa. Existem atualmente duas diferentes formas de fazer essa simulação tátil: através de pressão de ar e através de vibrações.

b) Feedback de força

Sistemas que permitem as sensações de pressão ou peso oferecem feedback de força. Uma maneira de construção de um sistema de feedback de força seria através de uma espécie de exoesqueleto mecânico que se encaixa no corpo do usuário, fazendo com que determinados movimentos possam permitir-lhe sentir o peso ou a resistência do material de um objeto no mundo virtual.

c) Feedback térmico

Um tipo de feedback que também pode ser fornecido por um sistema de RV é o feedback térmico. Este feedback poderia ser fornecido, por exemplo, quando o usuário se aproximasse de uma fogueira no mundo virtual.

O feedback térmico não é muito utilizado em sistemas de RV devido ao seu alto custo, mas já existem algumas pesquisas neste campo sendo desenvolvidas. Uma dessas pesquisas fez uma empresa do Texas desenvolver um sistema que aquece parte do corpo através de um pequeno dispositivo que reúne um aquecedor, um sensor de temperatura e um inversor de calor.

d) Plataformas móveis

As plataformas móveis também são consideradas um dispositivo de feedback físico, pois fornecem a sensação de movimento. Normalmente são utilizadas em caros videogames, simuladores de vôo e simuladores de movimento. Segundo Pimentel (1995) são facilmente controladas pelo computador de um sistema de RV.

3.2.5. Sistema de Realidade Virtual

Segundo KIRNER (1999), a análise de um sistema de realidade virtual deve considerar os seguintes elementos: o ambiente virtual, o ambiente computacional, a tecnologia de realidade virtual, e as formas de interação. O ambiente virtual aborda questões como construção do modelo tridimensional, características dinâmicas do ambiente, características da iluminação e detecção de colisão. O ambiente computacional envolve os aspectos de configuração do processador, do banco de dados e as características de tempo real do sistema operacional. A tecnologia de realidade virtual está relacionada com o hardware usado para rastreamento de cabeça e mãos, visualização, som e mecanismos de reação. E, as formas de interação envolvem o reconhecimento de gestos, interfaces tridimensionais e a participação de múltiplos usuários.

3.3. Ferramentas para Criação da RV

O aplicativo de Realidade Virtual é uma simulação animada que permite definir e exibir um objeto 3D, alterar seu ponto de referência e campo de visão, manipular e interagir com os objetos, e fazer com que esses objetos afetem uns aos outros. O software de Realidade Virtual permite permear objetos com comportamentos (propriedades físicas) e programá-los para ativar algum tipo de feedback visual, auditivo ou tátil quando um evento específico acontece, além de gerenciar toda a seqüência de eventos. A

maioria dos sistemas de construção de mundos virtuais compartilham alguns conceitos básicos que caracterizam o desenvolvimento da Realidade Virtual e que permitem aos desenvolvedores a criação de uma simulação bastante realística. Segundo JACOBSON (1994), estes conceitos básicos poderiam ser: o Universo e seus Objetos, técnicas de apresentação e dinâmicas e feedback.

O Universo representa o lugar onde ocorrerá a “experiência de RV”, o lugar a ser modelado. Este Universo contém Objetos que são caracterizados por geometria (formato do objeto), aparência (tamanho, cor, composição, iluminação e sombreamento aplicados à geometria do objeto) e comportamento (reações do objeto frente a eventos). Estes Objetos são vinculados entre si por hierarquias, ou seja, um Objeto complexo do Universo pode incorporar muitos Objetos. Qualquer objeto é formado por um conjunto de polígonos e suas técnicas de apresentação envolvem conceitos de computação gráfica. Alguns desses conceitos são: perspectiva linear (o tamanho do objeto diminui conforme aumenta a distância do usuário), iluminação (intensidade da luz que incide sobre um objeto), sombreamento (sombra causada pelo posicionamento de um outro objeto entre a fonte de luz e o objeto) e sobreposição (objetos encobrendo outros objetos ou partes deles).

Além de compartilharem os conceitos acima citados, os softwares para criação de RV também costumam oferecer recursos para determinados tipos de dispositivos de interação, permitindo programá-los para ativar algum tipo de feedback visual, auditivo ou tátil.

Nesse mundo virtual é possível utilizar um programa de modelagem 3D para a criação dos objetos e cenários virtuais e importá-los para o software que cria a RV. A modelagem normalmente baseia-se em primitivas chamadas polígonos, sendo que um objeto do mundo virtual é composto de vários polígonos combinados. Então, os programas de modelagem 3D irão combinar modelagem (criação dos objetos), representação visual (aplicação de propriedades aos objetos, como textura e iluminação) e

animação (movimentação dos objetos na cena), tornando a apresentação das cenas e dos objetos o mais próximo do real possível.

Atualmente, existem diversas ferramentas para o desenvolvimento da RV, algumas permitem apenas a criação de RV exploratório onde o participante não pode alterar nem interagir com o cenário e seus componentes; outras permitem a criação de sofisticadas cenas com recursos de interação através de dispositivos compatíveis.

A Virtual Reality Modeling Language (VRML), é uma linguagem de descrição geométrica, independente de plataforma, que permite a criação de ambientes virtuais por onde se pode passear, visualizar objetos por ângulos diferentes e até interagir com eles. A primeira versão da linguagem não possibilita muita interação do usuário com o mundo virtual, mas versões recentes acrescentam características como animação, movimentos de corpos e interação entre usuários. A última versão é a 2.0, chamada Moving Worlds VRML 2.0. A Especificação VRML é a documentação que descreve todas as características da linguagem.

Apresentada pela primeira vez em 1994 na Primeira Conferência sobre World Wide Web (segundo IPOLITO, 1997), a linguagem tem como objetivo dar o suporte necessário para o desenvolvimento de mundos virtuais multi-usuários na Internet, sem precisar de redes de alta velocidade. O código VRML é um subconjunto do formato de arquivo ASCII do Open Inventor, da Silicon Graphics, com características adicionais para navegação na Web. Esta característica é equivalente às âncoras do HTML, ou seja, pode-se criar âncoras em um mundo virtual que levem a outros mundos virtuais.

A linguagem trabalha com geometria 3D (VRML 1.0 possui algumas primitivas: cubo, cone, cilindro e esfera) e suporta transformações (rotação, translação, escala), texturas, luz e sombreado. Outra característica importante da linguagem é o Nível de Detalhe (LOD, level of detail) que disponibiliza a quantidade certa de dados para um objeto baseado na sua

importância na cena. Isso torna rápida a visualização e possibilita ao usuário ajustar o nível de detalhe que lhe for melhor.

Para navegar em mundos virtuais criados com a linguagem você precisará usar browsers que suportem VRML. Assim, ao invés de visitar homepages, você visitará homeworlds. Existem muitos browsers disponíveis que suportam diretamente a linguagem. Outros browsers que não suportam necessitam de software adicional (plug-in).

3.4. Aplicações

Através da RV a forma de interação homem-máquina mudou. Com a evolução do hardware e software, o uso de recursos de RV deixou de ser algo dispendioso, e hoje em dia proporciona a empresas de todos os setores uma forma mais eficiente de agilizar e/ou enriquecer seus projetos.

Aplicações de RV em simuladores de vôo são utilizadas há mais de duas décadas e mostram diversas (e diferentes) vantagens em relação ao modelo não virtual tradicional. Aplicações nas áreas de engenharia, entretenimento, ciências e treinamento, como subdivide Vince (1995), também são cada vez mais comuns.

Algumas aplicações da realidade virtual são:

- Avaliação de fatores ergonômicos;
- Estudo de técnicas de engenharia;
- Planejamento;
- Simulação de montagens;
- Simulação de estruturas;
- Simulação de processos;
- Treinamento;
- Etc.

Pode-se ainda, citar outras aplicações, envolvendo treinamento, simulação de cidades, modelagem, simuladores, estúdios virtuais, etc. Além disso, novas aplicações surgem a cada dia:

Aplicações médicas e em saúde – ensino de anatomia; visualização com realidade aumentada; planejamento e simulação cirúrgica; terapia virtual, etc.

Aplicações científicas – visualização de superfícies planetárias; síntese molecular; visualização de elementos matemáticos; análise de comportamento de estruturas atômicas e moleculares, etc.

Aplicações em Artes – pinturas em relevo; esculturas; museus virtuais; música com instrumentos virtuais; etc.

Aplicações em educação – laboratórios virtuais; encontros remotos de alunos e professores; consulta a bibliotecas virtuais; etc.

Aplicações em Controle da informação – visualização financeira; visualização de informações em geral; informação virtual; simulação de sistemas complexos; etc.

Aplicação de entretenimento – vídeo game; turismo virtual; esportes virtuais; cinema; etc.

Por último tem-se a aplicação na arquitetura e projeto, em situações onde a edificação a ser construída é representada, simulada digitalmente e visualizada utilizando os recursos da Realidade Virtual. Tanto em situações macro, no caso da representação de um bairro ao até mesmo de uma cidade, como na visualização de um empreendimento comercial, a RV se mostra extremamente eficiente. Não somente na questão da comercialização do produto, através de um modelo digital da edificação, mas desde a etapa da sua concepção, estudo dos volumes e solução de

problemas de implantação. Cita-se ainda: projeto de artefatos; planejamento da obra; inspeção tridimensional em tempo real; decoração de ambientes; avaliação acústica; etc.

A realidade virtual está totalmente fundamentada em objetos previamente modelados. Então se faz necessário a compreensão dos elementos que compõe esses modelos tridimensionais e suas formas de representação. Para tal, e em resposta à dificuldade de interpretação dos desenhos 2D por parte de algumas pessoas, será abordado a seguir o significado do desenho 3D.

CAPÍTULO 4 - O DESENHO 3D

4.1. A compreensão do desenho

Para uma boa compreensão, é preciso partir do entendimento de alguns conceitos básicos. Observando o entorno, percebe-se que praticamente tudo a nossa volta é tridimensional e a maioria dos objetos feitos pelo homem são, na realidade, desenhados em três dimensões. Infelizmente, a visualização desta perspectiva em 3D tem que acontecer na cabeça do observador. Isto se deve aos desenhos serem tipicamente transmitidos em dois meios tradicionais: desenhos em 2D e os modelos físicos.

A fragilidade inerente à utilização dos desenhos em 2D (Fig. 04) para transmitir um desenho em 3D, afirma que tais representações têm de ser vistas de uma forma interpretativa. Embora um desenhista possa ter a aptidão da visualização 3D, a maioria das pessoas leigas não a possuem. Este fato, freqüentemente, causa problemas na comunicação com o cliente, quando se trabalha em um projeto.

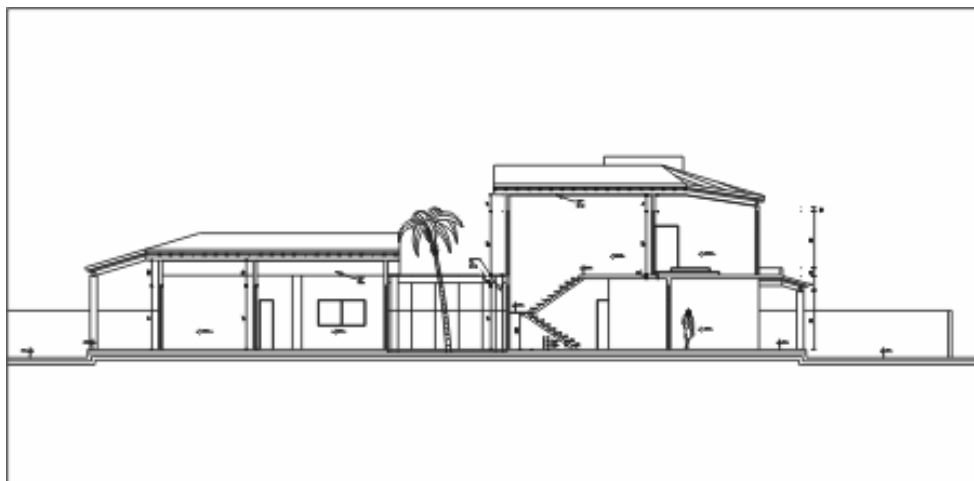


Fig.04: corte longitudinal – representação bidimensional

Os modelos físicos são igualmente embaraçosos. Além de terem um custo de produção elevado, possuem limites práticos nos seus tamanhos e nos graus de detalhes que podem transmitir. É difícil criar visões precisas de

um modelo físico. Os modelos também podem ser volumosos e incômodos, e um extremo cuidado deve ser tomado na sua construção, movimentação e armazenamento (Fig. 05).

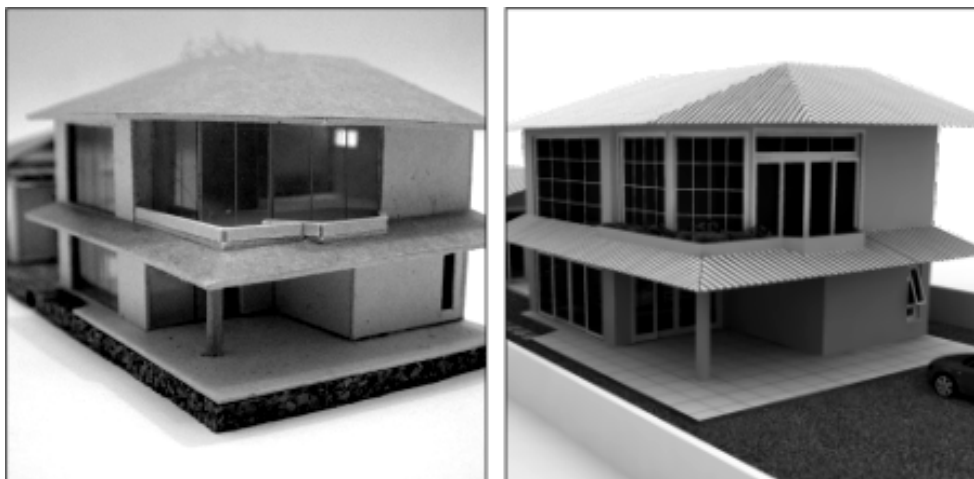


Fig.05: comparação entre a maquete (modelo físico) e o modelo 3D digital.

4.2. Porquê utilizar?

A utilização dos princípios do desenho 3D visa tão somente ampliar as limitações óbvias das representações gráficas em 2D, possibilitando a visualização tridimensional do projeto além do mundo da página, transcendendo à representação em vídeo e outras mídias.

Com o uso de um modelo 3D, pode-se mudar o ângulo de visão do objeto com uma facilidade enorme, permitindo que o expectador explore o modelo tanto quanto for necessário. O 3D dispensa uma audiência tecnicamente qualificada deixando de exigir um conhecimento específico para interpretação das plantas; a intenção do projeto fica esclarecida (Fig. 06).

4.3. Como uma ferramenta de desenho (concepção)

A modelagem tridimensional ajuda a visualização e interpretação do objeto projetado. No processo de modelagem tridimensional o usuário constrói

um modelo digital do objeto (maquete eletrônica) ao invés de desenhar vistas isoladas deste objeto, como: vista superior, vista frontal e vistas laterais. Uma vez construído o objeto, o usuário poderá posicionar-se adequadamente em relação ao modelo e obter a representação desejada. Sejam vistas ortográficas, projeções axonométricas ou mesmo perspectivas, cortes e seções.

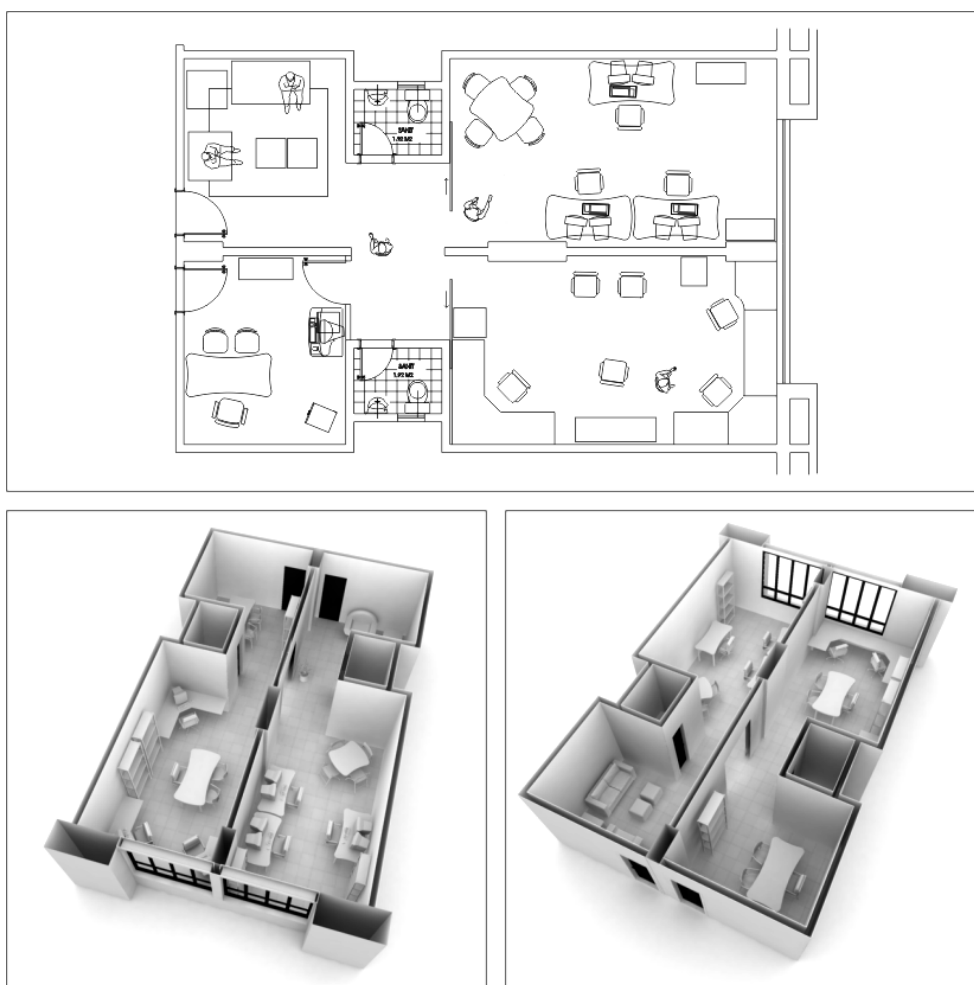


Fig. 06: Ratificação da compreensão do desenho gráfico através do 3D.

Esta técnica de representação de objetos permite a geração automática de perspectivas a partir do posicionamento do observador em qualquer posição do espaço em torno do objeto, e até mesmo posicionar o observador dentro do modelo olhando para fora, particularmente útil em trabalhos de arquitetura.

Embora não sejam as mais importantes, as aplicações em visualização são seguramente as mais empregadas e conhecidas utilizações dos modelos tridimensionais.

O desenho em 3D permite tornar o modelo tridimensional altamente preciso e completamente detalhado. Isto ajuda a evitar problemas potenciais que poderiam ser omitidos, se utilizadas as técnicas de visualização bidimensionais tradicionais.

Os modelos tradicionais podem formar a base para a construção de desenhos 2D. Planos, seções e elevações podem ser extraídas de um modelo tridimensional, e utilizados como uma base sobre a qual é possível adicionar dimensões, notas e símbolos.

Além disso, pode-se interagir com os modelos tridimensionais, dando-lhes animação, para determinar o relacionamento entre os espaços ou as partes. Estes modelos também podem ser utilizados para determinar a ergometria ou verificar o valor estético do próprio design do objeto.

4.4. Como uma ferramenta de apresentação

As ferramentas necessárias para criar apresentações 3D em um PC começaram a ser utilizadas de alguns anos para cá. Desde que foram lançados softwares de modelagem tridimensional, as apresentações 3D tornaram-se mais utilizadas.

Enquanto utilizado como ferramenta de apresentação o 3D facultava várias formas de apresentação minimizando as dificuldades que normalmente se apresentam quando da visualização de um projeto em 2D.

Confirma-se, portanto que o universo virtual simulado traduz a imagem que por si só deseja-se representar. (Fig. 07)



Fig. 07: Modelo 3D para aprovação da fachada pelo cliente. O cliente não conseguia visualizar com as plantas tradicionais.

Na seqüência serão consolidados o conceito de modelagem e seus tipos, sua caracterização e aplicações. Será feito, ainda, um breve comparativo entre o AutoCAD e o 3D Studio, enquanto ferramentas de modelagem, e, esclarecido o termo rendering.

CAPÍTULO 5 - MODELAGEM DIGITAL TRIDIMENSIONAL

Segundo ARIVALDO (1999), a Modelagem tridimensional consiste no processo de representação de um fato ou fenômeno através da abstração. Estes podem ser físicos ou matemáticos. Os modelos gerados com a Computação Gráfica são os modelos matemáticos, implementados sob a forma de algoritmos computacionais. A modelagem de objetos no computador pode ser encarada sob dois aspectos: *Modelagem Geométrica* e *Modelagem Procedural*.

Na modelagem geométrica os objetos obedecem a regras formais da Geometria Clássica e utilizam recursos da topologia. Já na modelagem procedural os objetos são criados a partir de regras (procedimentos) que determinam a sua forma e evolução. A modelagem procedural é empregada para representar objetos que apresentam forma variável (nuvens, fumaça, gases, etc.), fenômenos da natureza, e objetos muito complexos. Ela engloba uma série de métodos alternativos à modelagem geométrica tradicional, para representar a complexidade dos objetos do mundo real tanto em termos da sua forma quanto do seu comportamento. No que pese a modelagem geométrica ser bastante efetiva na descrição de objetos manufaturados pelo homem, ela se revela inadequada para descrever formas orgânicas e outros fenômenos naturais.

Os objetos manufaturados pelo homem se constituem principalmente de corpos rígidos que podem ser representados por sólidos geométricos e suas combinações, enquanto que na outra classe se incluem objetos com uma geometria extremamente complexa e irregular, não homogênea, não rígida e anisotrópica (GOMES & VELHO, 1990). Como exemplos de objetos nessa classe podemos citar: terreno, vegetação, gases, líquidos, fogo e os próprios animais. Essa classe de objetos se caracteriza por formas naturais que são muito familiares ao ser humano, porém, em geral são difíceis de representação tanto do ponto de vista da sua forma como do seu movimento.

5.1. Modelagem geométrica

Quando se constrói um modelo de algum objeto, cria-se um substituto – uma representação. O objeto pode até já existir fisicamente, pode ser o projeto para um objeto que ainda não existe, pode ser um objeto virtual que nunca será construído fisicamente, ou ainda ser a base para a interpretação de algum processo físico que se deseja visualizar (modelagem procedural). Um modelo efetivo é normalmente mais fácil de ser testado e analisado, respondendo com os mesmos limites do objeto real. Modelar significa dar forma.

Tradicionalmente, modelos eram fabricados de massa (clay) ou madeira, ou feito como esboços ou criando desenhos. Para objetos grandes, o modelo é muito menor e mais fácil de avaliar antes de partir para a construção do objeto real. Agora usa-se modelagem digital para criar uma descrição matemática precisa, de uma forma de um objeto real ou hipotético, ou para simular um processo ou fenômeno que possa ser representado geometricamente. Esta descrição é analítica e “abstrata”, em contraste com o modelo físico, que é literal e concreto. Modelos físicos ainda são bastante usados, e sua história é merecedora de um estudo específico.

Cria-se um modelo, por sere um substituto conveniente e econômico do objeto ou processo real, e também porque é mais fácil e mais prático analisar um modelo que testar, medir ou experimentar com o objeto ou fenômeno real. Isto pode ser por causa do tamanho (o objeto real é muito grande ou muito pequeno), complexidade (o modelo simplifica as características de interesse), tempo (o fenômeno real é muito rápido, muito lento ou incontrolável). Além das vantagens da análise, o modelo digital de um objeto é um meio importante de obtenção e difusão de informação. Exemplo: o modelo digital de uma peça mecânica é agora usado comumente para transmitir os dados do projeto e produção entre os engenheiros e os técnicos que irão fabricá-la. Por intermédio da

computação gráfica e sua capacidade, um modelo geométrico torna-se a base para exploração, avaliação estética e funcional de alguns objetos.

5.2. Sistemas de Modelagem

De acordo com ARIVALDO (1998), são várias as limitações encontradas nos sistemas de representação por arestas (*wireframe*⁹), como: impossibilidade de calcular propriedades físicas do modelo, análise de interferência, permite a ocorrência de ambigüidades e favorece a omissão ou inclusão de elementos estranhos à geometria do modelo.

Na Modelagem Geométrica busca-se dentre outras coisas representar o mundo físico real. Discute-se a seguir, de forma simplificada, os diversos modelos matemáticos (geométrico) utilizados para a criação e representação de objetos tridimensionais.

De uma forma simplificada, os modelos geométricos são enquadrados em três categorias:

- Modelo de arestas ou *wireframe*;
- Modelos de superfície;
- Modelos de sólidos.

A modelagem tridimensional propicia uma abordagem do projeto mais precisa e poderosa, na medida em que a realidade é tridimensional. O processo mental de concepção e de desenvolvimento do projeto, vivido pelo arquiteto, é também tridimensional. Projetar é necessariamente pensar o espaço em três dimensões.

A modelagem tridimensional contempla na visualização dos projetos o exterior da edificação e/ou os vários aspectos de seu interior. São

⁹ Wireframe enquanto estrutura de dados - linhas e pontos.

inúmeras as ferramentas que, além das várias vistas estáticas, em diferentes tipos de projeções perspectivas, disponibilizam recursos de animação permitindo aos futuros usuários da edificação, uma visualização do mesmo, como se estivessem “circulando” no espaço virtual do modelo (Fig. 08).

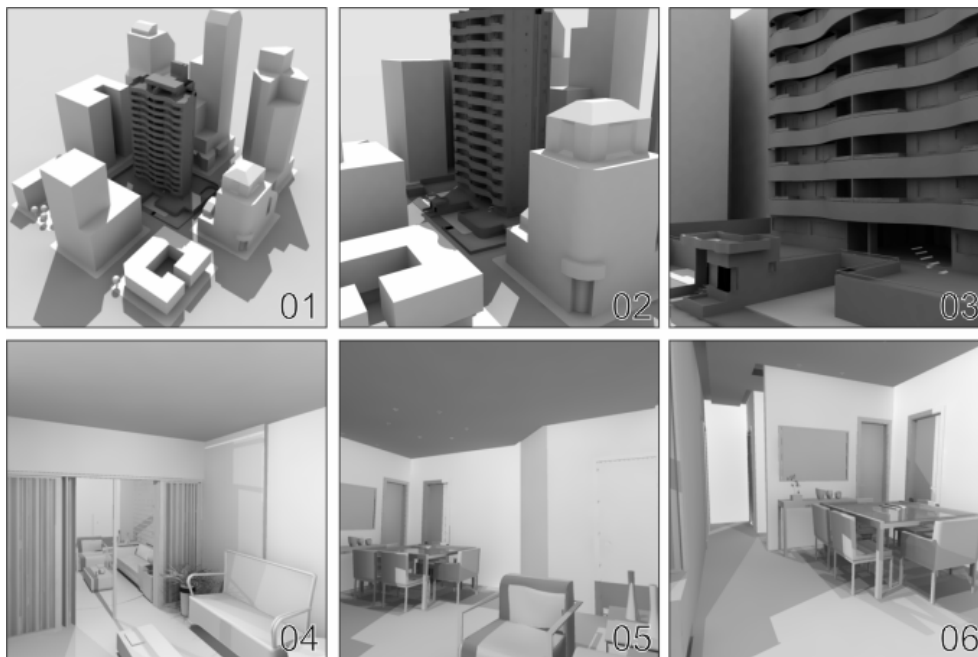


Fig. 08: Animação simulando um passeio até a chegada na edificação.

5.3. Características de um Sistema de Modelagem

ARIVALDO (1999), define modelagem como sendo a criação, representação e manipulação de objetos no computador. Aqui se pretende precisar o conceito de objeto e estudar os métodos e técnicas que permitam representá-los no computador. A representação de um objeto está diretamente relacionada com técnicas de Topologia Combinatória e Estrutura de Dados (GOMES e VELHO, 1990:78), enquanto que a manipulação dos modelos utiliza operações de transformação e agrupamento.

Os problemas existentes na modelagem são inúmeros, e por essa razão ao se desenvolver um sistema, deve-se definir de modo bastante claro o

universo dos objetos que se deseja construir. De um modo geral, podemos estabelecer alguns conceitos que devem ser levados em consideração no desenvolvimento do sistema. São eles:

- Criação do modelo (definição dos dados);
- Representação do modelo (tipo de modelo);
- Análise das propriedades do modelo.

A criação do modelo baseia-se em métodos geométricos e em análises numéricas. A representação do modelo se vale das técnicas de estruturas de dados e topologia combinatória de modo a armazenar o objeto modelado. A análise do modelo consiste no estudo das propriedades do objeto modelado. Dependendo do objetivo, deve-se implementar algoritmos de análise que possam responder quaisquer perguntas de natureza “geométrica” sobre o modelo.

5.4. Aplicações

As aplicações possíveis de um modelo digital nas diversas áreas dependem essencialmente do tipo de modelo disponível (aresta, superfície ou sólido),- da estrutura de dados associada ao modelo e da capacidade do aplicativo em interpretar adequadamente os dados disponíveis.

São apresentados a seguir alguns exemplos de aplicações dos modelos digitais tridimensionais, divididos em três categorias principais:

- **Visualização:**
 1. Visualização do modelo sob vários pontos de vista;
 2. Geração automática de perspectivas cônicas e paralelas;
 3. Atualização automática das vistas a partir de alterações no modelo;
 4. Animação e *Rendering*.

- **Simulações e análises:**

1. Esforços mecânicos (elementos finitos);
2. Condutividade térmica;
3. Comportamento acústico;
4. Estudos de iluminação e sombras;
5. Análise da volumetria;
6. Estudos de interferências;
7. Realidade Virtual.

- **Produção:**

1. Produção de desenhos (2D) a partir de modelos (3D);
2. Estereolitografia (prototipagem);
3. Manufatura auxiliada por computador.

5.5. AutoCAD x 3D Studio

Tratando especificamente dos softwares escolhidos para este estudo, pôde-se concluir que é possível utilizar tanto o AutoCAD quanto o 3D Studio MAX para criar modelos 3D. Cada um possui suas vantagens e desvantagens.

O AutoCAD possui um sistema de unidade mais preciso do que o 3D Studio MAX. Para modelos tecnicamente precisos, o AutoCAD é mais recomendado. Além disso, como foi esclarecido anteriormente, muitos pacotes de terceiros, tal como modeladores de terrenos digitais e aplicações específicas para arquitetura, estão disponíveis para o AutoCAD. Existem também diversos pacotes para o 3D Studio MAX, mas a sua

maioria visa a melhoria na aplicação de iluminação, materiais e no próprio rendering.

Apesar da sua evolução com a inclusão de ferramentas para arquitetura, o 3D Studio foi desenvolvido para criar objetos visualmente e não pela especificação, através de valores e medidas precisas. As unidades só tinham precisão de uma casa decimal, desta forma, o programa não era apropriado para desenhos precisos. Além do mais, o 3D Studio ainda não possui nenhum utilitário de plotagem. Se o desenho for utilizado apenas para demonstração, como em um vídeo ou brochura impressa, o 3D Studio é recomendado pela sua facilidade de utilização na modelagem, mesmo que o aprendizado de um sistema como o 3D Studio MAX, requeira algum tempo para se atingir um certo grau de qualidade.

Muitos profissionais estão acostumados a utilizar o AutoCAD para gerar seus modelos em 3D, exportando-os ao 3D Studio apenas para rendering. É preciso tomar alguns cuidados na criação do modelo para exportação, uma vez que o modelo pode ser gerado de três formas: por thickness¹⁰, fachadas ou sólidos, uma vez o modelo pronto, o mesmo é convertido para o formato do 3D Studio. No caso particular deste estudo, muitos dos modelos gerados no AutoCAD, são através do Arqui_3D. Em alguns casos percebe-se que modelar no 3D Studio é mais prático, principalmente modelos mais orgânicos.

5.6. Rendering

A definição das propriedades dos materiais é a etapa subsequente à modelagem. Nela está atribuída uma boa parcela da qualidade do produto final do rendering, seguido pelo estudo de iluminação dos objetos individualmente e como um todo na cena em questão.

¹⁰ Extrusão de segmentos na direção do eixo Z. Podendo ter valores positivos ou negativos.

Depois de estipulados materiais pré-definidos ou cores para os objetos e colocada luz na cena, o programa calcula a cor de cada pixel na imagem final. Este processo é chamado de *rendering*. O resultado final é um arquivo de imagem 2D, pronto para ser usado ou editado em um programa gráfico 2D (editor de imagens).

No campo da computação gráfica, “rendering” significa criar um sombreado computadorizado de um modelo 3D baseado em materiais e luzes.

É importante notar que um rendering é sempre armazenado como um arquivo de imagem 2D. A imagem em si não possui mais nenhuma propriedade 3D. A manipulação 3D deve ser executada em um modelo 3D antes do rendering ser produzido.

Neste momento o leitor já tem conhecimento do que é a RV, sabe a função do projeto ser representado em 3D e tem noção da complexidade do processo de modelagem e rendering. A seguir, será visto a RV aplicada diretamente à arquitetura, lançando mão da VRML e das ferramentas disponíveis no AutoCAD e 3D Studio MAX. Desta forma será possível mostrar a funcionalidade da ferramenta 3D no processo de projeto.

CAPÍTULO 6 - RV, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO

6.1. A Representação e Apresentação do Projeto

A Realidade Virtual representa mais um grande salto para a arquitetura e o design. Partindo do advento do CAD e se expandindo, tomando maiores proporções, até alcançar o ciberespaço, o “mundo virtual tridimensional”. Observando as características da Realidade Virtual, como tridimensionalidade e imersão, podemos perceber que estas são inerentes ao conceito da arquitetura. Ao contrário de esculturas, que podem ser percebidas externamente, a arquitetura pode ser habitada e visitada internamente. A análise de um ambiente arquitetônico depende de uma sucessão de perspectivas, e pode ser de diferentes aspectos: estético, estrutural, funcional, etc. Neste sentido, a Realidade Virtual constitui uma ferramenta ímpar para a percepção, avaliação e apreciação de projetos quanto a sua concepção estética, estrutural e funcional.

A forma de representação do projeto através de desenhos (2D), evoluiu ao longo do tempo e corresponde a uma abstração e simplificação do modelo tridimensional concebido pelo arquiteto. Esta forma de representação é decorrente das limitações impostas pela tecnologia até então disponível para a transmissão da informação. A modelagem tridimensional retoma a questão do objeto real e da sua representação gráfica para construção ou documentação, e a remete para um processo de projeto mais próximo da forma “natural” do arquiteto trabalhar. Embora ainda não seja possível partir para a construção automatizada de um objeto arquitetônico, a partir de um modelo tridimensional, isso já é possível para algumas áreas da engenharia.

Os arquitetos e projetistas sempre lançaram mão de recursos de apresentação, recorrendo à terceira dimensão para exporem as suas idéias e projetos. As tradicionais perspectivas e maquetes (modelos físicos) foram os únicos meios disponíveis durante muito tempo, para facilitar a compreensão dos seus trabalhos por parte dos leigos e,

sobretudo, para evitar problemas de comunicação com os clientes. Estas eram as técnicas que permitiam uma visualização mais próxima do que seria o projeto quando executado.

Com o advento da Computação Gráfica, surgiram as ferramentas computacionais para apresentação, em contínua evolução e que vão ficando mais sofisticadas a cada dia, e ao mesmo tempo mais acessíveis para todos os profissionais. A versatilidade e a flexibilidade propiciada por estes *softwares*, muitos deles dotados de recursos de animação, são muito grandes. A criatividade do usuário e o seu nível de conhecimento sobre o sistema em uso são quase sempre o maior fator limitante. As possibilidades são inúmeras, senão vejamos: visualização da futura obra em várias fases da construção; simulação do processo construtivo, dos materiais de construção e acabamento; visualização do modelo em várias escalas e níveis de detalhamento; deslocamento do usuário em torno do modelo, através de recursos como *walk around (andar ao redor)* e *fly-bys (sobrevôos)*, e ainda, a circulação no interior do modelo – *walkthrough*. Esses recursos permitem, sem dúvida, um maior conhecimento e simulação do aspecto final da obra, possibilitando correções e refinamentos. Resumindo, um melhor projeto traduz-se a princípio numa melhor obra.

Além disso, deve-se levar em conta o tempo de execução e os custos reduzidos quando comparados aos processos tradicionais, fazem com que o seu uso seja cada vez mais intenso. Todas estas vantagens potenciais suplantam os tradicionais métodos de apresentação de projetos; como as perspectivas e os modelos físicos em escala reduzida (as maquetes), que já estão sendo substituídos.

Os benefícios diretos inerentes aos processos informatizados tornam-se maiores e mais palpáveis, à medida que o desenvolvimento do projeto vai sendo automatizado, desde suas fases iniciais, com conseqüentes ganhos de qualidade e de produtividade de uma fase para outra até o produto final.

6.1.1. A RV na concepção do projeto

O projeto geralmente se desenvolve de forma seqüencial, isolada e fragmentada. Na fase de concepção, a utilização de sólidos geométricos, tem a função de “dublês” dos objetos reais, pois, nesta etapa do projeto, o que se pretende é um estudo de volumes (Fig. 09). Desta forma permite uma análise dos espaços ocupados e o impacto causado no entorno pelo seu volume. No estudo de um layout (Fig. 10), pode-se lançar mão de bibliotecas de móveis prontas, adquiridas no mercado, ou de um banco de modelos já estruturado pelo próprio profissional. Neste caso, os elementos usados, com as características já definidas, e com uma complexidade bem maior que um simples cubo (que o representaria), será necessário a utilização de computadores mais poderosos, pois a quantidade de polígonos e, conseqüentemente de vértices, que compõe um modelo mais detalhado é bem maior. A cena 3D em questão será uma cena mais detalhada, e mais “pesada” computacionalmente - conseqüentemente mais realista (Fig. 11).

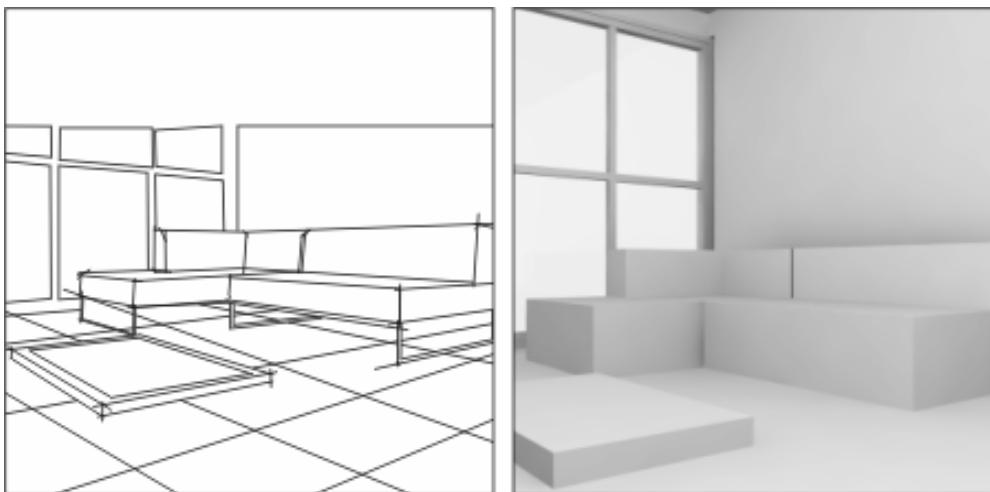


Fig. 09: Concepção de um layout. Estudo da perspectiva feito a mão e um estudo do mesmo ambiente, utilizando sólidos primitivos para definir os espaços.

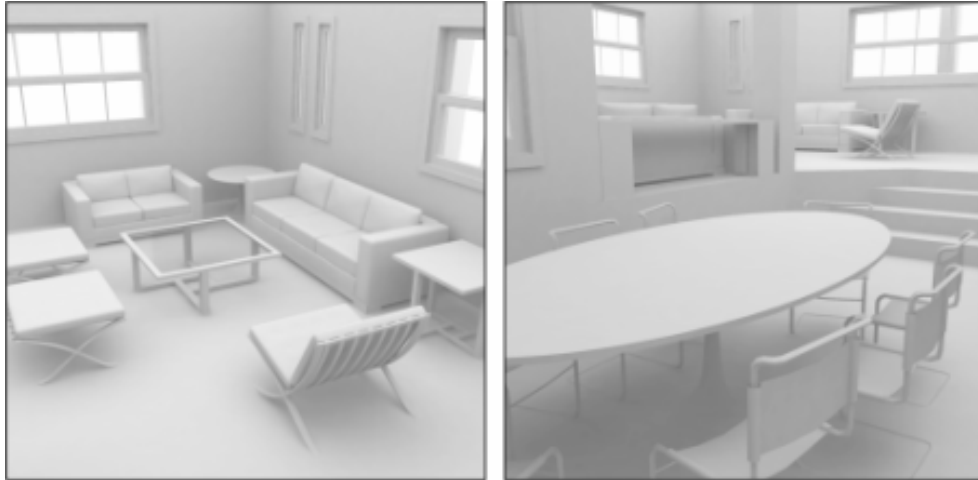


Fig. 10: Estudo de layout com a utilização de móveis mais bem elaborados.



Fig. 11: Modelo 3D realista desenvolvido após aprovação do layout do ambiente.

6.1.2. O objetivo do modelo x qualidade

Faz-se necessário uma análise do objetivo final do modelo para decidir qual o nível de detalhe a ser usado. No estudo de uma avenida, por exemplo: quer-se estudar a projeção das sombras dos edifícios na via e nas edificações menores; não é necessário ter-se todos os detalhes das edificações em questão, modelados. Basta apenas a volumetria – altura, largura e comprimento. O objeto deste estudo não é o detalhamento das edificações, o que seguramente, aumentaria o custo em demasia do trabalho. Uma vez aumentado o “custo computacional”, tem-se diretamente um aumento de valor agregado.

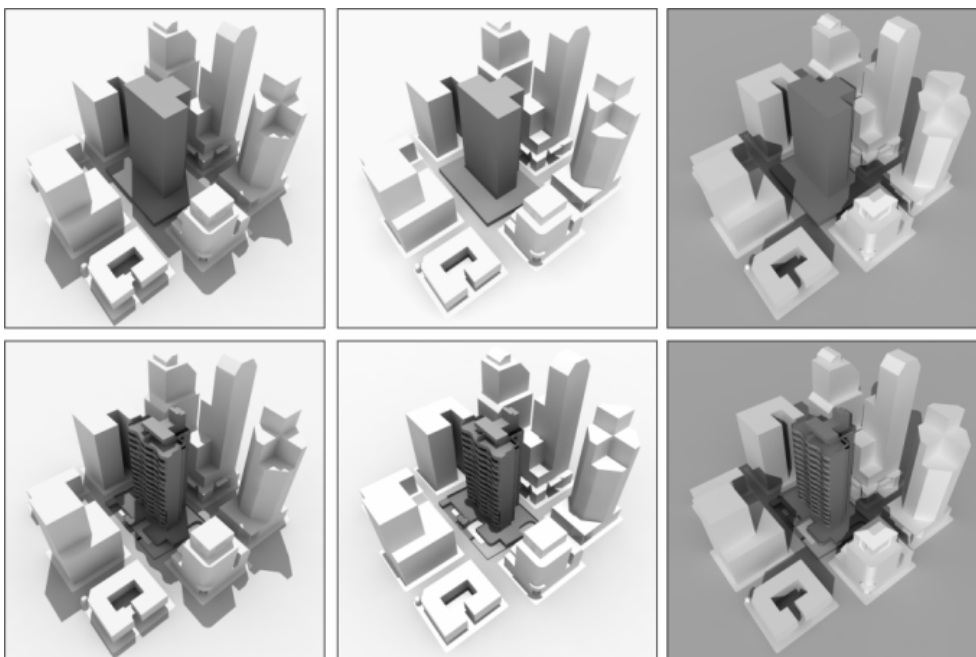


Fig. 12: 1. Implantação do bloco representativo da edificação para simulação da posição do sol em relação à edificação a ser construída e as sombras que serão projetadas no seu entorno – Nascente, meio-dia e entardecer, bem como ventilação.

2. Bloco da edificação mais detalhado para estudos de ensolejamento e ventilação da edificação em questão.

6.1.3. A RV para fins promocionais

Quando se faz necessário a apresentação dos detalhes de um empreendimento, aí sim, é mais do que importante o detalhamento (Figs. 13 e 14). O produto final é uma imagem da edificação, um duplo virtual do objeto real. E, neste modelo 3D é possível interagir, passear ao seu redor,

adentrar em sua estrutura. Um modelo quando bem detalhado, iluminado, com os materiais aplicados bem preparados, atinge um realismo de causar dúvidas ao expectador. Esta é a maior demanda desta tecnologia atualmente. A modelagem para fins promocionais.



Fig. 13: Modelo 3D aplicado à fotografia do entorno para aprovação apresentado ao cliente.



Fig. 14: Modelo 3D externo da edificação e modelo 3D do layout substituindo o apartamento decorado para fins publicitários.

6.2. Ratificação da compreensão do projeto através do 3D

Com um modelo digital tridimensional, é possível discutir não só as questões estéticas da edificação, mas também, todo o processo construtivo. Isto se deve a possibilidade de trabalhar com a tripodi de eixos (X,Y e Z) e a capacidade de simular diferentes pontos de observação, tanto internos quanto externos. O realismo constitui um dos pontos-chave dos modelos gerados por computador, devido a tridimensionalidade, a

representação dos elementos arquitetônicos em escala e a simulação de texturas e efeitos luminosos nas superfícies e volumes. (Fig. 15)

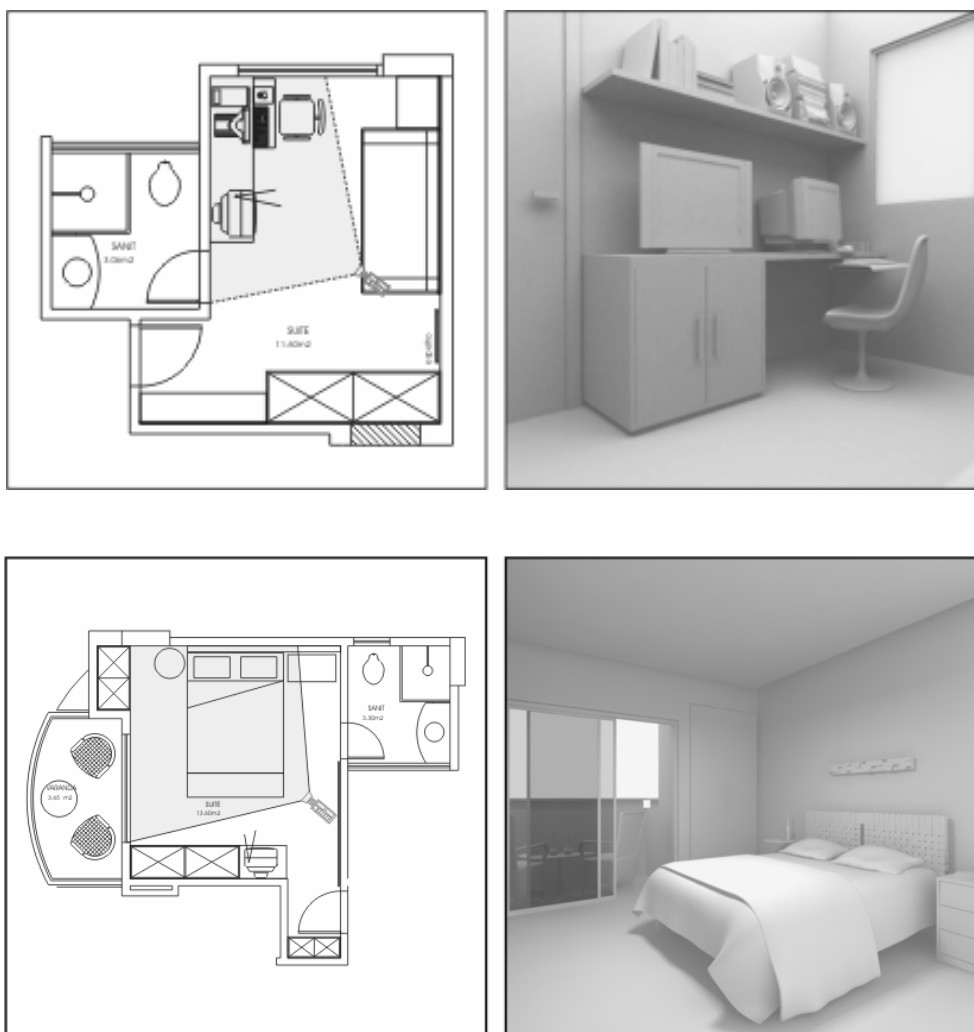


Fig. 15: Planta baixa mostrando a área de atuação da Câmera e o resultado obtido com base em um modelo 3D técnico, onde se tem as definições dos móveis, sem se preocupar com as texturas.

Na construção civil, pode-se tirar bastante proveito da Realidade Virtual. O leque de possibilidades é bastante amplo, especialmente na área de ensino de Engenharia e Arquitetura, análise de projeto, projetos colaborativos, análise estrutural e desenho urbano. A Arquitetura pode ser

potencialmente reformulada pela Realidade Virtual e contribuir para alterar as tecnologias disponíveis.

Sendo assim, o que se diz do estudo de uma tubulação de gás, ou a rede elétrica de um prédio sofisticado, sendo tratada com um modelo 3D, substituindo o velho isométrico, e de uma forma simples e ao alcance de qualquer escritório de arquitetura que possua um computador? (existe algum sem?). Existem no mercado inúmeros produtos que possuem esta função, é preciso entender que estas ferramentas auxiliam, e muito. Passam a ser artigos de necessidade e não um supérfluo. Escritório de arquitetura sem um processo automatizado de projeto está fadado a estagnação. A que velocidade e como seria apresentar uma proposta de projeto de um hotel em uma praia a 2.000 km de distância da sede do escritório, e sem deixar nenhuma margem para dúvida do que se pretende? A Internet está aí, à disposição para transportar os códigos dos arquivos gerados em 3D, para serem exibidos em um visualizador na tela do computador do investidor, como se fosse um filme publicitário de alto custo de produção.

6.3. Conceito de RV na Arquitetura

Desde que Jaron Lanier (1989) usou o termo realidade virtual, o mesmo tem sido utilizado para uma larga escala de situações em que a simulação da realidade no computador ou a criação de uma realidade específica permitem que o usuário interaja no ambiente. Seja de uma forma imersiva ou não-imersiva.

É possível estabelecer uma série de aplicações com o uso da Realidade Virtual. A manipulação de modelos digitais tridimensionais via Internet, utilizando, principalmente a linguagem VRML, já definida em capítulo anterior, está tomando proporções cada vez maiores, pois sua grande vantagem é o baixo custo do equipamento e a facilidade de acesso em

qualquer tipo de computador, tal como uma máquina de médio porte e monitor, teclado e mouse para a entrada de dados.

O conceito de Realidade Virtual não apresenta limites muito delineados. Autores ainda divergem com relação à gama de aplicações que podem ser consideradas “experiências virtuais”. Os Ambientes Virtuais (AV) permitem a análise das interações espaciais sob o ponto-de-vista dos observadores, razão pela qual suas aplicações na construção civil vêm sendo testadas em larga escala.

Segundo BEIER (1999), (...) atualmente, o termo “Realidade Virtual” também é usado para aplicações que não são completamente imersivas. Os limites estão se tornando dispersos, mas todas as variações de RV serão importantes no futuro. Isto inclui desde a navegação controlada pelo mouse através de um ambiente tridimensional em um monitor gráfico, até o visualizador estéreo em um monitor via óculos polarizadores, sistemas de projeção estéreos e outros.

SHERMAN & JUDKINS (1992) descrevem as características da tecnologia como os cinco “i’s da realidade virtual, apresentados a seguir: Intensiva, Interativa, Imersiva, Ilustrativa, e Intuitiva. O equipamento mínimo desejável para o uso desta tecnologia, a partir das características acima descritas deve ser:

- Computador potente (PC ou workstation);
- Dispositivos visuais, inicialmente incorporados em capacetes (Head Mounted Displays) ou em telas planas, múltiplas ou dispostas em ângulos;
- Mecanismo de reconhecimento tátil e tecnologias de luvas;
- Dispositivos auditivos, inicialmente incorporados em capacetes.

BERTOL (1997) distingue o uso da RV como ferramenta de representação, simulação e avaliação, assim como auxílio ao projeto. O uso da RV como

ferramenta de representação abarca a maior parte das aplicações na arquitetura.

O projeto colaborativo virtual deve adquirir notoriedade nos próximos anos. No entanto, deverá existir uma demanda por aplicativos de modelagem que combinem as vantagens dos desenhos à mão com as oportunidades criadas pelos modelos virtuais, permitindo a interação dos participantes com o espaço virtual. Os estúdios virtuais deverão incorporar ferramentas que possibilitem a reflexão sobre um problema de projeto e o desenvolvimento de uma solução (GARNER, 2000). Uma opção é o “Modelo 4D”, que relaciona o uso dos modelos 3D convencionais, combinando-os com o uso da Realidade Virtual e tabelas que definem as propriedades e características de cada elemento construtivo. Um exemplo desta aplicação é o projeto do Walt Disney Concert Hall (HAYMAKER e FISCHER, 2001). Através de uma CAVE, as restrições, conflitos e estratégias para a edificação do projeto foram discutidos com os colaboradores técnicos, a equipe do autor e com os contratantes.

6.4. Questões técnicas

Gelband citado por MACLEOD (1992) acredita que os arquitetos do futuro desenharão ambientes virtuais ao invés de edifícios. Assim sendo, o uso da VRML (Virtual Reality Modeling Language) na expressão do projeto será fundamental. Proporcionará uma grande contribuição na mobilidade de arquivos a serem apresentados a clientes, empreendedores e colaboradores.

Os modelos desenvolvidos em sistemas CAD podem ser convertidos através de softwares específicos, para o formato da VRML e visualizado com o COSMO Player ou CORTONA, entre outros.

A maioria dos programas destinados à elaboração de maquetes eletrônicas, como o AutoCAD, o Microstation, o 3D Studio Max, entre

outros, já disponibilizam filtros para exportar a malha 3D para VRML. Desta forma, qualquer usuário CAD pode, sem maiores dificuldades, exportar desenhos 3D para visualização e interação em ambiente virtual no interior de um browser.

Mas, também tem suas limitações: Dependendo do arquivo gerado, e no caso de uma conversão direta, terá um “custo computacional” significativo, exigindo equipamentos High-end para rodar o modelo. Não basta exportar o modelo gerado, este deve ser criado para o VRML, observando-se suas características: malha, iluminação, propriedades dos materiais e o tamanho do arquivo. O modelo deve ser otimizado para o uso em RV.

Tratando-se do futuro da realidade virtual, é preciso tomar conhecimento do X3D. Padrão aberto para distribuir conteúdo 3D, combinando geometria e descrições de comportamentos instantâneos em um simples arquivo que tem inúmeros formatos de arquivos disponíveis para isso, incluindo o Extensible Markup Language (XML). É a próxima revisão da especificação ISO VRML97, incorporando os avanços dos recursos disponíveis nos últimos dispositivos gráficos comerciais tanto quanto melhorias na sua arquitetura.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à apresentação 3D em sistemas baseados em PC constituírem um campo em evolução, ela ainda está sofrendo alterações e desenvolvimento. Muitos termos novos estão sendo originados, à medida que o campo se desenvolve. É necessário, sempre que for possível, aprender e utilizar a terminologia padrão, de forma a ser compreendido ao se comunicar com outras pessoas desta área. E, ainda, acompanhar a evolução da tecnologia e dos softwares, tendo o cuidado para não entrar no processo neurótico da evolução tecnológica. Pois, na tentativa de estar sempre a frente, corre-se o risco de não conseguir produzir. A constante mudança de sistemas requer uma constante qualificação do pessoal, não sobrando tempo para trabalhar.

Coloca-se em questão a necessidade de desenvolvimento em termos de programas integrados e equipamentos intuitivos, proporcionando mundos virtuais verossímeis, interativos e imersivos, a fim de possibilitar a disseminação do emprego da realidade virtual entre os profissionais da construção civil e, conseqüentemente, a viabilização técnica e comercial das novas tecnologias.

Percebe-se, então, que a ferramenta 3D é muito mais do que um “cosmético”, a sua funcionalidade está muito além da produção de belíssimas imagens, de perspectivas animadas, etc.

Apesar das ferramentas da realidade virtual serem mais usadas para a apresentação final dos projetos, pretende-se alcançar outros usos. A importância do 3D como parte integrante do processo de projeto, a capacidade de análise ainda na concepção e durante o processo criativo devem ser ressaltados como qualidade desta ferramenta a ser observada pelos profissionais daqui para frente.

A existência de uma linguagem computacional de projeto, seguramente eficiente e potencialmente útil, e seus novos paradigmas, obriga a uma

revisão da metodologia tradicional de trabalho e a reformulação das atuais técnicas de ensino de projeto e de representação gráfica. Estas atividades deverão incorporar os benefícios propiciados pela tecnologia, em sua constante evolução. Cabe à Universidade, junto aos órgãos da classe, assumirem o direcionamento do correto enfoque da aplicação dos sistemas disponíveis mediante a avaliação crítica dos mesmos, e garantir o repasse destes conhecimentos a uma ampla faixa da comunidade técnica, difundindo e qualificando o profissional.

O aperfeiçoamento e a popularização da Computação Gráfica causaram grandes transformações nas diversas áreas do conhecimento. Este impacto tem sido mais significativo em algumas áreas do que em outras, como por exemplo: a área de projeto, de representação e artes gráficas.

Entretanto, é preciso cautela na utilização de novas ferramentas, requer a formação de uma cultura, para que os resultados sejam alcançados. Cultura esta, que deve estar embasada no conhecimento teórico e interdisciplinar, com a estruturação de metodologias que contemplem o ensino e a prática profissional.

É perfeitamente aceitável que o arquiteto não queira chegar a ponto de fazer modelos virtuais de alta qualidade, com um alto grau de “realismo”, mas é preciso compreender o processo e saber usar esta tecnologia ao menos para a concepção e desenvolvimento do projeto. Poder apresentar uma volumetria ao seu cliente, discutir em torno de um modelo tridimensional, mesmo que simples, porém, implantado no MNT¹¹ do terreno. Ao final, poder-se-á, então, contratar um escritório especializado em finalização de maquetes: aplicação de propriedades, iluminação e render.

¹¹ Modelo Numérico do Terreno

7.1. Conclusão

Neste trabalho buscou-se avaliar o uso da modelagem tridimensional e a realidade virtual no processo de projeto arquitetônico, a maneira como esta ferramenta está sendo usada e quais são as reais possibilidades de uso. Para isso foi feito um levantamento sobre a tecnologia CAD disponível no mercado e suas especificidades, a relação da modelagem tridimensional e a realidade virtual, bem como as possibilidades de conversão para formatos compatíveis com os visualizadores VRML.

Esta tese não pretende ser um roteiro passo-a-passo para a utilização da realidade virtual. A proposta desta tese é a de fornecer um documento que sirva para despertar para a necessidade da utilização desta tecnologia e seus recursos para a criação, desenvolvimento e apresentação dos projetos. As questões específicas de cada seção tratada aqui poderão ser encontradas na vasta literatura existente.

Para atingir este objetivo, tomou-se como principal referência, as visitas a diversos escritórios de arquitetura dos mais variados tamanhos na cidade de Salvador-BA, observando-se o comportamento dos arquitetos titulares e suas equipes, no tocante ao relacionamento com a tecnologia. A experiência do autor em desenvolver “maquetes eletrônicas” para outros arquitetos incentivou e contribuiu diretamente no resultado deste trabalho.

Utilizando diversos softwares, mas, principalmente o AutoCAD com o ARQUI_3D e o 3D Studio, foi possível definir uma linha de produção, usando a modelagem tridimensional como ferramenta, desde a escolha do partido arquitetônico até o projeto concluído; passando pelo processo de criação, implantação do volume no terreno, desenvolvimento, observação da estética das fachadas e questões técnicas (como por exemplo o telhado), e por fim, ter como consequência uma “maquete eletrônica” do empreendimento.

7.2. Contribuições desta tese

Despertar o profissional da construção civil para a importância da arquitetura digital, a realidade virtual, as diversas aplicações para a modelagem tridimensional, bem como as suas possibilidades.

Observou-se que o ensino da arquitetura passa por uma ampla reformulação, buscando principalmente o estreitamento da relação com a informática, assumindo de uma vez por todas a importância da computação gráfica como uma ferramenta necessária.

Entretanto não é o suficiente, é preciso fazer um ajuste nos currículos das universidades, o ensino da computação gráfica com foco na realidade virtual é essencial.

Sendo assim, fica ressaltada então, a importância fundamental do papel da educação na formação dos novos profissionais de projeto, que deve aliar a discussão e o uso dos avanços tecnológicos, à visão crítica do valor efetivo desta tecnologia na prática profissional e seus reflexos. Pois o quadro observado no tocante à “automação”, é que as pessoas alimentam grandes anseios em relação à aplicação dos recursos da informática. Com os Arquitetos e os profissionais de projeto também não é diferente este estado de ansiedade e de ilusão.

Tem havido uma tendência em se ressaltar os benefícios da tecnologia e de se esquecer ou menosprezar os aspectos associados ao processo de domínio da tecnologia. Na maioria das vezes o usuário se superestima e subestima as dificuldades de implantação da tecnologia e as necessidades para uma plena produção do sistema, culminando em uma subutilização ou uma má utilização das tecnologias aqui apresentadas.

7.3. Trabalhos Futuros

Diversas questões podem ser abordadas em trabalhos vindouros, considerando-se a atualidade da questão. Alguns tópicos a serem considerados são:

- O 3D e a realidade virtual no ensino de arquitetura;
- O rendering em tempo real;
- O futuro do VRML, o X3D;
- Ferramentas comerciais para utilização da realidade virtual no Brasil;

Entre outros que poderão ocorrer dentro desta mesma linha, mas por hora estes tópicos já fornecem um bom leque para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, LEE. *Visualização e realidade virtual*. São Paulo: Makron Books, 1994.

AMES, A.L. et al. -The VRML Sourcebook. John Wiley & Sons, 1996.

ART+COM. *CyberCity Berlin*. Disponível em: <www.artcom.de> Acessado em junho de 2001.

AUKSTAKALNIS,S. & BLATNER,D. - *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*, Peatchpit Press, Berkeley, CA, 1992.

AUREAL / CRYSTAL RIVER Eng. – <http://www.aureal.com>

AVVIC/VESIV - <http://www.dc.ufscar.br/~grv/>; <http://www.first.gmd.de/cooperations/>

AZUMA, R. - *Tracking Requirements for Augmented Reality*, Communications of the ACM, 36(7):50-51, July 1993.

BEIER, K. P. *Virtual Reality: a Short Introduction*. Virtual Reality Laboratory, University of Michigan, College of Engineering. Disponível em <<http://www-VRL.umich.edu>> Acessado em maio de 2001.

BEGAULT, D.R. - *3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia*, Academic Press, Cambridge, MA, 1994.

BENTLEY. *ModelCity*. Disponível em: <<http://www.bentley.com/modelcity>> Acessado em junho de 2001.

BOWMAN, D. A. *Conceptual Design Space . beyond walk-through to immersive design in* D. Bertol, *Designing Digital Space . An Architect's Guide to Virtual Reality*, John Wiley and Sons, New York, 1997.

BUGAY, Edson Luiz. *Maquetes eletrônicas* - Florianópolis: Bookstore, 1999. 272p.:il.; 23 cm

BURDEA, G. - *Force and Feedback for Virtual Reality*. John Wiley & Sons, 1996.

BURDEA,G. & COIFFET,P. - *Virtual RealityTechnology*, John Wiley & Sons, New York, NY, 1994.

CASTRO NETO, Jayme Spinola. *Edifícios de alta tecnologia*

CENTER FOR ADVANCED STUDIES IN ARCHITECTURE. *The Bath Model* (1995). Disponível em: <http://www.bath.ac.uk/Centres/CASA/bath/bath_low.html> Acessado em junho de 2001.

CICOGNANI, A.; MAHER, M. L. Two approaches to designing virtual worlds. In: *Proceedings of Design Computing on the Net 98*. International Journal of Design Computing (1998). Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal> Vol. 1. Acessado em maio de 2001.

COX L. *Cruising Down the Nile*. VR in the Schools, Vol. 4,3. Disponível em <<http://www.soe.ecu.edu/vr/vrits/4-3Cox.htm> > 2000

DAMER, B. *Avatars*. Peachpit Press, Addison Wesley Longman, 1998. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal/vol2/dcnet/sub8/index.html>> Acessado em junho de 2000.

E-BERLIN! <<http://www.echtzeit.de/e-berlin/noflash.html>> Acessado em junho de 2001.

FELDGOISE, J.; DORSEY, J.; AGRAWALA, M.; BEERS, A.; FRÖHLICH, B, HANRAHAN, P. *Architectural Applications and the responsive Workbench* in D. Bertol, *Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality*, John Wiley and Sons, New York, 1997.

GABRIEL, G.; MAHER, M.L. Does computer mediation affect design representation? In: *International Journal of Design Computing* (PDF File), 1999. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kdcc/journal>> Acessado em maio de 2001.

GARNER, S. Is sketching still relevant in virtual design studios? In: *DCNet'00 Proceedings, 2000*. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>> Acessado em junho de 2001.

HAYMAKER, J., FISCHER, M. *Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project*. CIFE Working Paper #64. Stanford University. January, 2001.

HARRISON, D. & JAQUES, M. – *Experiments in Virtual Reality*. BH, 1996.

HUANG, J. *Knowledge sharing and innovation in distributed design: implications of Internet-based media on design collaboration*. *International Journal of Design Computing*, (1999). Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kdcc/journal>>. Acessado em junho de 2001.

ISDALE, Jerry - "What is Virtual Reality? - A homebrew Introduction and Information Resource List". <http://sune.uwaterloo.ca/pub/vr/documents/WHATISVR.TXT>.

KELLER, R., SCHREIBER, J., GEO-3D: A Realidade Virtual como Suporte ao Ensino da Geometria Espacial, Workshop Brasileiro de Realidade virtual, Novembro 1999.

KIRNER, C. Realidade Virtual: Dispositivos e Aplicações. Anais da VII Escola Regional de Informática da SBC Regional Sul. VII ERI, SBC, Londrina, Chapecó, Novo Hamburgo. pp. 135-158.. Maio. 1999

LATTA, J. N. & OBERG, D. J. - A Conceptual Virtual Reality, IEEE Computer Graphics & Applications, 14(1):23-29, Jan. 1994

LEMAY, L. et al. - 3D Graphics and VRML 2. Sams Net, 1996.

LÉVY, Pierre, 1956 – [Qu'est-ce que l'ê virtuel? Português]. O que é o virtual? / Pierre Lévy; tradução de Paulo Neves – São Paulo: Ed. 34, 1996. 160p. (coleção TRANS).

MACLEOD, D. Computer: Virtual Reality. *Progressive Architecture* April 1992; Pento Pub., Ohio, pp. 55-56.

MAHER, M. L. Designing the Virtual Campus as a Virtual World. In: *Computer Supported Collaborative Learning (CSCL '99)*, 1999, pp. 376-382.

MAHER, M. L.; CICOGNANI, A.; SIMOFF, S. *An experimental study of Computer Mediated Collaborative Design*. International Journal of Design Computing (PDF File), 1998. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>> Acessado em junho de 2001.

MAHER, M. L.; SIMOFF, S. Variations on a Virtual Design Studio in: *Proceedings of Fourth International Workshop on CSCW in Design*, 1999a, pp.159-165.

MAHER, M. L.; SIMOFF, S. J.; GU, N.; LAU, K. H. Two approaches to a Virtual Design Office. In: *DCNet.99 Proceedings*, 1999b. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>. Acessado em junho de 2001.

MAHER, M. L., SIMOFF, S.; GU, N.; LAU, K. H. Designing virtual architecture. In: *Proceedings of CAADRIA 2000*, pp. 481-490. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>> Acessado em junho de 2001.

MANDEVILLE, J.; FURNESS, T.; KAWAHATA, M.; CAMPBELL, D.; DANSET, P.; DAHL, A.; DAUNER, J.; DAVIDSON, J.; HOWELL, J.; KANDIE, K.; SCHWARTZ, P. GreenSpace: Creating a Distributed Virtual Environment for Global Applications. *IEEE Proceedings of the Networked Reality Workshop*. Boston: 1995. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/p-95-1>> Acessado em maio de 2000.

MARTE, Cláudio Luiz. *Automação Predial: A inteligência nas edificações*.

MCMILLAN, K. *Virtual reality: Architecture and the broader community*. 1994. Disponível em: <<http://www.fbe.unsw.edu.au/Research/Student/VRArch/default.htm>> Acessado em maio de 2001.

MORTENSON, Michael E., *Geometric Modeling*. 2nd ed. 1997. John Wiley & Sons, Inc.

MORRISON, J. - The VR-Link Networked Virtual Environment Software Infrastructure, *Presence*, 4(2):194-208, 1995.

SCHIRMBECK F., COHEN M. Realidade Virtual na Educação Profissional. *Workshop Brasileiro de Realidade virtual*. Novembro 1999.

SHERMAN, B.; JUDKINS, P. *Glimpses of Heaven, Visions of Hell Virtual Reality and its Implications*; Hodder and Stoughton, Great Britain, 1992.

TENÓRIO, Robinson Moreira. *Cérebros e computadores: a complementaridade analógico-digital na informática e na educação*. São Paulo: Escrituras Editora, 1998. – (Série ensaios transversais)

THOMAS, B.; PIEKARSKI, W.; GUNTHER, B. *Using Augmented Reality to visualize Architecture Design in an Outdoor Environment*. 1999.

TOKMAN, L. Y. Collaborative e-desing. In: *DCNet'00 Proceedings*, 2000. Disponível em: <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>> Acessado em junho de 2001.

VELHO, Luiz / GOMES, Jonas. *Sistemas Gráficos 3D*. IMPA, 2001.

WEBSTER, A.; FEINER, S.; MACINTYRE, B.; MASSIE, B; KRUEGER, T. Augmented Reality in architectural construction, inspection and renovation. In: *Proceedings 3rd ASCE Congress for Computing in Civil Engineering*, Anaheim, CA, USA, Jun. 17-18, 1996.

ZAMPI, GIULIANO. MORGAN, COMWAY LLOYD. *Virtual architecture*. B. T. Bastsford Ltd. London. 1994.

ZEVI, B. *Saber ver a arquitetura*. Martins Fontes, 1994.

YOUNGBLUT C.; Educational Uses of Virtual Reality Technology. *VR in the Schools*. June 1997. Disponível em <<http://www.soe.ecu.edu/vr/vrits/3-1Young.htm>>.

YU, L. Virtual Reality Demonstrated. *Progressive Architecture*, June 1992, Pento Pub., Ohio, pp. 30.