SÉRGIO LEAL FERREIRA

Base de Dados Espacial Computadorizada para o Projeto Colaborativo na área de Edificações

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

São Paulo, 1997

SÉRGIO LEAL FERREIRA
Arquiteto, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992

Base de Dados Espacial Computadorizada para o Projeto Colaborativo na área de Edificações

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Kawano
Professor do Departamento de Construção Civil da
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

São Paulo, 1997

Errata

Conforme constatado pelos examinadores da Dissertação, alguns capítulos ficariam melhor tratados se escritos da forma apresentada adiante. Aproveitou-se também esta oportunidade para incluir uma aplicação do sistema numa outra verificação espacial que foi executada porém não relatada na dissertação, mas que julga-se esclarecedora das possibilidades do estudo feito.

A sistemática desta Errata será colocar a numeração correspondente ao capítulo que se deseja apresentar melhor, ou onde melhor se encaixariam as outras aplicações.

5.1 Esquema do Sistema

A transformação do modelo em Base de Dados se apoia na Estrutura de Dados de Definição da Entidade com Dados Associados (4.1.18). Além disso o Sistema precisava operar com Entidades de Projeto (4.1.14), que por sua vez são modelos constituídos de Entidades Complexas (4.1.15). Estas Entidades Complexas, portanto, são a base sobre as quais se vão associar dados de interesse às análises previstas no Sistema.

A estrutura dos elementos de projeto incorporadas pelo programa se apresentou num primeiro momento dessa forma:

Objetos	**Relação**	**Análise**
• Compartimentos	• Pertinência	• Quantidade
• Vãos	• Interseção	• Localização
• Volumes		• Comunicação
• Linhas		• Interferência
• Pontos		

Em que os Objetos são aquelas Entidades Complexas com Dados Associados (Entidades de Projeto), a Relação é um aspecto espacial que surge do próprio fato de que o Objeto está presente num espaço limitado por outros Objetos, e a Análise surge

também deste mesmo fato ressaltando algum questionamento espacial – individualidade ou simples existência, ocupação de uma parcela do espaço e interferência espacial entre objetos.

Esta estrutura foi escolhida com a finalidade de se adaptarem aos elementos do Banco de Dados do tipo Entidade-Relação (E-R), onde as Entidades são os compartimentos (quarto, sala, banheiro, circulação, etc.), os vãos (portas, janelas, passagens, etc.), os volumes internos (mobiliário, divisórias móveis, equipamentos, etc.), as linhas (percurso de uma instalação, caminho ou fluxo de pessoas ou materiais, eixos, limites, etc.), e os pontos (iluminação, energia, abastecimento de água e gás, coleta de esgoto, etc.). As Relações podem ser de pertinência (contém ou está contido em) ou interseção (cruza, tem ponto em comum). Uma vez analisadas as Entidades e as Relações, pode-se obter uma resposta típica de uma consulta espacial (quantidade, localização, comunicação e interferência). A figura 5 ilustra uma consulta espacial .

Apesar do esquema inicial contar com os cinco objetos citados, a implementação deteve-se no compartimento e nas linhas. Isto se deu porque a modelagem foi pensada em termos de definição das características dos objetos e das relações que se buscavam experimentar.

Como os compartimentos, os vãos e os volumes internos nada mais são do que prismas cuja base é uma poligonal fechada, pôde-se modelá-los a partir desta poligonal (no editor representada por uma *polyline*) e acrescentar os dados estendidos de *nível* e *altura* correspondentes ao nível do piso e altura a partir deste, e também os dados de *código* e *uso* que identificaram e agruparam cada entidade criada.

A modelagem das linhas segue o mesmo raciocínio anterior só que para poligonais abertas ou simplesmente segmentos de reta, ou seja , também possuem *código, uso, altura e nível* como dados associados.

Ficou faltando a modelagem dos pontos, que não foi levada adiante por não ser de maior dificuldade e não entrar nas previsões de experimentação da análise.

Na figura 6 mostra-se a modelagem dos compartimentos: poligonal fechada através de uma *Polyline* (Entidade Complexa) bidimensional em que os vértices são os limites do compartimento no plano horizontal.

5.10 Interseções – Relcmp.lsp - Inters.lsp

A quinta função agregada ao *Relcmp.lsp* é a *Inters.lsp.* É a função de verificação de interseções entre as Entidades com Dados Associados, sendo que aqui se limita a reconhecer as interseções entre linhas e volumes, caso típico, por exemplo das interferências entre sistema estrutural e sistema de instalações por dutos (em particular ar condicionado e esgoto) . Esta função forma uma lista com as entidades selecionadas e outra que mostra as entidades (linhas) que interseptam as selecionadas. Assim com na função anterior, também se pode gravar esta lista para uso futuro

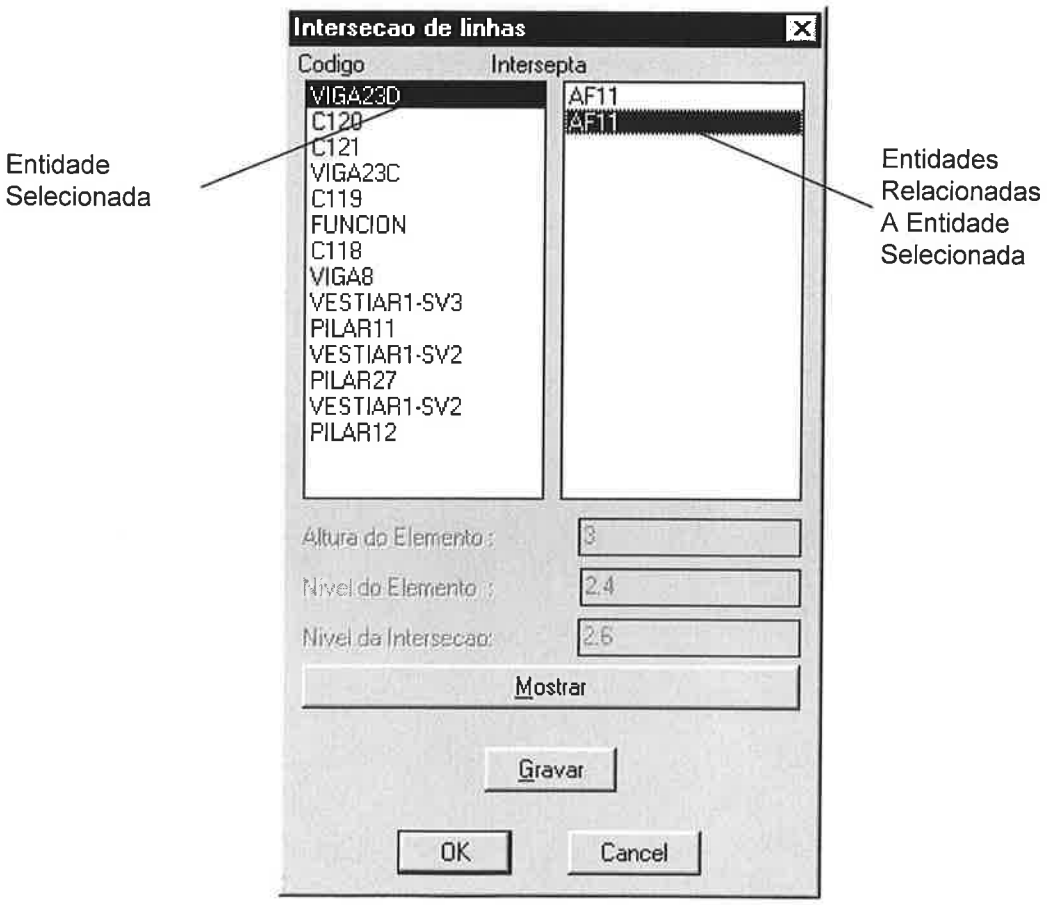


Figura 1 – Janela de verificação de interseções (interferências) – Inters.lsp

6.1 Definição dos Problemas

Tendo em conta que o objetivo é experimentar o Sistema Proposto sem objetivar o esgotamento da capacidade dessa abordagem, aplicou-se o Sistema no apoio a duas tarefas simples. A primeira, de quantificação, especificação e localização (baseada na pertinência ao compartimentos) das janelas de um projeto real, e a segunda de verificação das interferências entre elementos estruturais (vigas e pilares) e as instalações por dutos (água, luz, telefone, esgoto, ar condicionado, etc).

Os dados geométricos básicos provém da planta-baixa com paredes portas e janelas já dimensionadas e localizadas.

6.2 Primeiro - quantificação, especificação e localização dos vãos

Quantificar as janelas agrupando-as por tipo de abertura e medidas (altura x largura) indicando a quantidades separadamente depois dessa classificação, e em seguida relatar onde as janelas classificadas estão presentes.

6.3 Segundo – verificação das interferências entre sistemas

Verificar a interferência entre o as tubulações de água lançadas na Planta de Arquitetura, a estrutura e os vãos previstos, ou seja, reconhecer os pontos onde as intalações de água atrvessam pilares vigas, portas e janelas, afim de propor uma solução harmônica posteriormente.

Para isso foi necessário:

- Modelar as instalações – linhas, usando uma adaptação do *compart.lsp*, chamado *tubo.lsp*, que associa a segmentos de retas um código e as alturas iniciais e finais, podendo ser ajudado por um desnível pré-estabelecido;
- Aproveitar a modelagem dos vão feita na aplicação anterior;
- Modelar os pilares e as vigas – usando o *compart.lsp*;

- Verificar, com a ajuda do *inters.lsp – relcmp.lsp*, as interseções e marcá-las afim de solucionar futuramente.

6.3.1 Modelagem das instalações

Para modelar as instalações usou-se uma adaptação do *Compart.lsp*, em que a poligonal que definia o compartimento passa a ser aberta e cada segmento possui características próprias de altura de ponto inicial e final. O código pode representar o material e/ou o diâmetro do tubo. Os níveis são substituídos pelo desnível, ou seja, aplicando-se um desnível, a interface calcula a próxima altura.

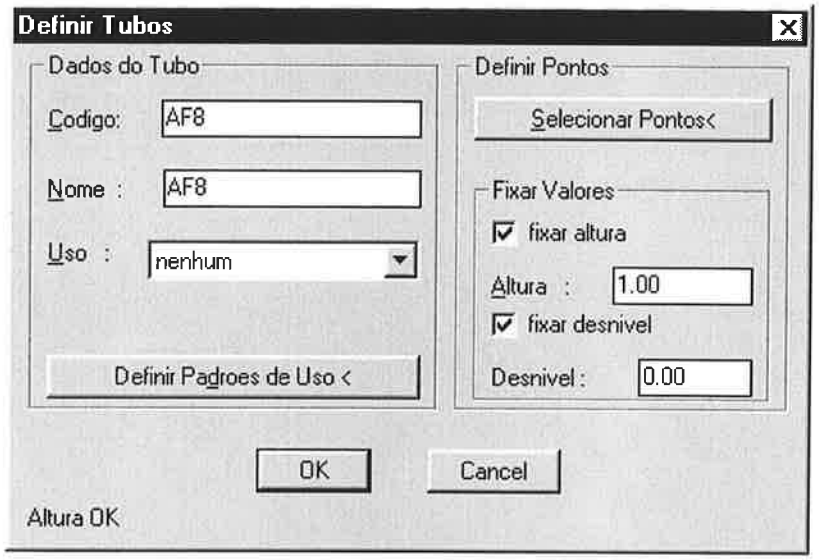


Figura 2 – Adaptação do *compart.lsp* para modelagem de linhas (tubos) – *tubo.lsp*.

6.3.2 Verificação das interseções

A verificação se faz através do *Relcmp.lsp – Inters.lsp* (5.10) em que a interface verifica os pontos de interferência e marca-os para posterior análise. Após esta análise as alterações devem ser feitas com o auxílio das funções de edição constantes no próprio *Relcmp.lsp* e com ao auxílio da extração dos dados – *Atrib.lsp* faz-se o relatório das alterações para serem enviadas aos responsáveis pelos projetos individuais.

As alterações permanecem na Base de Dados e podem ser consultadas a qualquer momento daí em diante.

6.4 Vantagens e desvantagens

Possuir uma Base de Dados Espacial fixa e integrada ao modelo visual é a garantia de unidade e de resposta visual às questões espaciais. A partir desta base, podem-se criar funções muito variadas conforme as que foram mostradas.

Ainda que em princípio a tarefa de formação da Base de Dados é um trabalho adicionado à modelagem do projeto isso só é necessário fazer uma vez e ainda se pode associar a tarefas que seriam necessárias, como por exemplo: cotagem, indicação de nomes de local, de especificação de tubo, etc.

Uma clara desvantagem desta implantação é a fragilidade das entidades criadas, ou seja, por um descuido podem-se perder as informações associadas, ainda que existam meios de se evitar esses acidentes. Mas estes meios tornam a edição normal pouco prática.

6.5 Dificuldades Encontradas

A principal dificuldade encontrada é o fato de que a maioria dos programas de CAD existentes empregam o sistema de coordenadas que depende da precisão do processador (EGENHOFER et alii, 1989). Isto significa que as informações espaciais estão sujeitas a essa limitação, que em princípio não parece uma limitação relevante quando se trata de simplesmente descrever a Entidade de Projeto, mas passa a ser relevante quando se fazem análises diretamente no ambiente do editor gráfico, surgindo incompatibilidades entre a realidade e o modelo computacional.

6.6 Possibilidades Futuras

A aplicação se limitou a quantificar, localizar e verificar comunicações entre compartimentos através dos vãos e a verificação das interferências entre os sistemas estrutural e de instalações prediais. Isso são só alguns objetos e alguns tipos de análise. Para experimentar a implementação isto foi suficiente mas não significa que só é possível conseguir esse conjunto de objetos e análises. Uma vez que se demonstrou que

a abordagem da implementação é eficiente para resolver problemas deste nível, pode-se dizer que qualquer problema paralelo ou que necessite de uma estrutura semelhante, possa ser desenvolvido a partir dela com um mínimo de acréscimos. Exemplificando:

- Acrescidos outros elementos como pontos de luz (PONTOS) e tubulações (LINHAS), e associando os dados necessários (potência, tipo, altura, acionamento, etc.) a estes novos objetos dentro do projeto, estes podem ser reconhecidos, e a partir desse reconhecimento propor uma solução para a distribuição do circuito tendo em vista tanto as características espaciais: localização em relação ao pavimento ou em relação ao compartimento, distância do quadro de controle, proximidade de locais proibidos, etc.; quanto características não espaciais: potência total do circuito, tipo de luz, etc.
- Modelando os volumes com os dados associados, de forma que eles representem equipamentos a serem instalados nos diversos compartimentos, pode-se analisar a sua localização conforme os pontos de tomada (modelados segundo o exemplo anterior) necessários àquele equipamento, ou mesmo o contrário – sugerir a que a instalação de tomada siga as especificações dos equipamentos.
- Aplicar depois da análise um retorno ao editor gráfico tendo como resultado por exemplo, desenhos de detalhamento e modelagens em três dimensões.
- Preparar os dados para entrada de programas de análise mais profundas de simulação, como por exemplo iluminação e refrigeração de ambientes.
- Auxiliar a transformação de qualquer dado associado em uma informação apresentada no editor gráfico
- Trabalhar em conjunto com um sistema maior de orçamento ou avaliação de desperdícios (levantando quantitativos de projeto para comparar aos dados de campo).
- Participar de um sistema mais amplo, incrementar os dados associados, inserir novos objetos (pontos), preparar a verificação de interferências em 3D, etc.

7 Conclusão

A intenção de experimentar rapidamente o uso de um sistema computacional adaptado à necessidades concretas do auxílio ao projeto de edificações foi conseguida, já que o sistema implementado desempenhou o auxílio à tarefas de quantificação e localização de elementos construtivos, e a verificação de interferência entre os Sistemas de Instalações feitas por dutos e o Sistema Estrutural.

Analisar vários tipos de sistemas existentes, genéricos ou não, seria um trabalho que daria uma boa complementação a esta proposta experimentada, permitindo uma comparação que ressaltaria a contribuição da implementação feita. Esta análise, no entanto, demandaria conhecimentos que permitissem avaliar a aplicabilidade dos sistemas existentes, conhecimentos estes que foram obtidos no estudo da implementação do sistema. Também demandaria uma atualização nem sempre possível em se tratando de um setor tão dinâmico e amplo como é o da computação. Esta característica fez com que esta análise ficasse como uma possibilidade futura.

Ao escolher o caminho da implementação e conduzi-lo até o fim, conseguiu-se iniciar uma linha de raciocínio de tratamento de Dados de Projeto, e com isso permitir o início imediato a uma série de outras pesquisas no campo da geração e do aproveitamento das Bases de Dados Espaciais. Particularmente, inicia-se mais profundamente o tratamento de informações relativas a Projetos de Edificações. Esta abordagem apresentou-se como realista e baseada em necessidades constatadas e urgentes.

Dentro desta perspectiva o trabalho alcançou o seu objetivo, em que apesar de não esgotar as possibilidades e nem abarcar todas as situações possíveis do uso de um Sistema de Informações no Projeto de Edificações, deixa claro o raciocínio de tratamento dos Dados de Projeto, experimentando-o na prática.

A proposta de usar um sistema computacional que conduzisse a uma maior eficiência e rapidez na tarefa de Projeto, também foi conseguida na medida em que a opção de executar a reunião dos dados espaciais e disponibilizá-los, analisar previamente e obter uma resposta espacial foram automatizadas pelas interfaces apresentadas.

A aplicação do sistema na coleta de quantitativos (primeiro caso aplicado: obtenção de valores totais e posições das janelas) demonstra o apoio no desenvolvimento do projeto visto que verifica a proposta de distribuição dos vãos e auxilia na determinação da tipologia e uniformização das medidas dos panos de

iluminação e ventilação e modos de aberturas dos mesmos, além de permitir um rápido cálculo estimativo de custos.

A outra aplicação relativa à interferência entre o Sistema Estrutural e o de Instalações (feitas por dutos embutidos), apresenta o apoio do sistema na verificação e correção das incompatibilidades. Ressalta-se aqui ainda mais o aspecto colaborativo desse apoio no campo do projeto de edificações, em que os sistemas executados por diferentes projetistas numa mesma Base de Dados Espaciais, podem ser analisados simultaneamente, evitando ao coordenador do projeto o trabalho árduo de busca das incompatibilidades, deixando a este somente a decisão sobre a solução a ser adotada nos casos de incompatibilidade, o que é o trabalho humano realmente indispensável e intransferível ainda que possam ser sugeridas soluções automatizadas.

A disponibilização das informações para qualquer tipo de análise futura, conseguida através de uma forma simples de armazenamento dos dados é o resultado mais flexibilizador da proposta apresentada. Tratar as informações de projeto de maneira diferenciada das informações geométrico-espaciais é a chave desta flexibilidade do sistema. Conforme apresentado no capítulo referente ao tratamento da estrutura de dados, a distinção entre Dados Geométricos, Dados Estendidos e Dados de Projeto é o que permite um trabalho em conjunto com o editor gráfico sem prejuízo nem da representação simplificada dos elementos de projeto, nem da profundidade na especificação destes elementos.

O objetivo de "**apresentar uma possibilidade viável e atual de se produzirem ferramentas computacionais de auxílio ao projeto, com relação à capacidade de gerar e gerenciar informações de projeto que possam ser facilmente compartilhadas pelos vários integrantes de uma equipe**" foi atingido, já que o sistema que foi implementado e aplicado, prepara a Base de Dados acrescentando informações às Entidades Complexas, gerando assim as Entidades de Projeto. Em seguida estas Entidades de Projeto são gerenciadas pelo sistema de forma que se podem extrair dados de interesse a aplicações futuras de outros usuários. Esta extração se faz

num formato facilmente incorporado pelas futuras aplicações, o que caracteriza o compartilhamento dos dados também citado como objetivo deste trabalho.

Em resumo, o caminho escolhido e implementado criou uma possibilidade viável e atual de produzir ferramentas computacionais de auxílio ao projeto, que geram e gerenciam informações de projeto (*compart.lsp* e *relcmp.lsp* respectivamente), e produzem um conjunto de informações (resultado da aplicação das funções associadas ao *relcmp.lsp – atrib.lsp, relac.lsp* e *inters.lsp*) facilmente manipulável pelos integrantes de uma equipe de projeto.

Apesar do incremento de entidades geométricas complexas com dados estendidos não ser uma novidade, a aplicação feita, do sistema numa tarefa concreta de auxílio ao projeto, permite que este incremento se aplique especificamente à área de edificações o que já não é tão freqüente. E ainda, mesmo que a implementação tenha sido muito particularizada, a mesma idéia pode ser utilizada em outro ambiente ou tarefa de projeto.

O assunto tratado ainda não é comum nas pesquisas nacionais, e menos ainda o seu envolvimento com o projeto de edificações, o que dificultou bastante o relacionamento dos conceitos pesquisados. Em compensação, criou-se uma abertura para pesquisas neste mesmo sentido, e a possibilidade de integração com sistemas desenvolvidos em outras pesquisas.

O acesso à Base de Dados via rede de computadores, não foi feita devido a dificuldades com relação à tecnologia recente, que ainda está sendo experimentada conforme relatado no capítulo 2.

Apesar de não experimentar a aplicação em um ambiente colaborativo, conseguiu-se garantir a atualização imediata, a verificação e a disponibilização das informações de projeto de tal forma que a interface torna-se uma poderosa ferramenta em qualquer ambiente de trabalho, inclusive no ambiente colaborativo.

Sumário

1 Introdução **7**

1.1 Justificativa *9*

1.2 Objetivo *11*

1.3 Metodologia *8*

2 Projeto Colaborativo auxiliado pelo computador via Banco de Dados Espacial **9**

2.1 Projeto Colaborativo e Comunicação de Dados *13*

2.2 Projeto Auxiliado por Computador *14*

2.2.1 Do desenho tradicional ao projeto auxiliado pelo computador 14

2.2.2 Desenho Técnico: mais que uma norma 14

2.2.3 O desenho feito em CAD 15

2.2.4 Informações acrescentadas ao desenho feito em CAD 16

2.3 Caracterizando o auxílio ao projeto *17*

2.4 Temas atuais de estudos relacionados ao CAD *18*

2.5 Banco de Dados Espacial *20*

3 Paralelo com os Sistemas de Informações Geográficas - SIG **22**

3.1 Definição Genérica de SIG *22*

3.2 Disciplinas Relacionadas *23*

3.3 Entidades e Objetos *23*

3.4 Futuro dos Sistema de Informações Geográficas *24*

4 Manipulação da Estrutura de Dados **25**

4.1 Definições *25*

4.1.1 Editor Gráfico 25

4.1.2 CAD 25

4.1.3 CADD 26

4.1.4 CAAD 26

4.1.5 Programa de CAD 26

4.1.6 Modelo 26

4.1.7 Dados Genéricos do Modelo 26

4.1.8 Dados Geométricos do Modelo 26

4.1.9 Dados Espaciais do Modelo 26

4.1.10 Dados Estendidos do Modelo 27

4.1.11 Dados Associados do Modelo 27
4.1.12 Entidades e Objetos 27
4.1.13 Entidades Geométricas 27
4.1.14 Entidades de Projeto 27
4.1.15 Entidades Complexas 28
4.1.16 Estrutura de dados de definição da entidade 29
4.1.17 Estrutura de dados de definição da entidade estendida 29
4.1.18 Estrutura de dados de definição da entidade com dados associados 30

5 Implementação do Sistema Proposto 31

5.1 Esquema do Sistema 31
5.2 AutoLISP / AutoCAD 33
5.3 Escolha dos de dados estendidos 36
5.4 Entrada de Dados - Compart.lsp e Uso.lsp 37
5.5 Visualização e seleção das entidades com dados estendidos – Relcmp.lsp 39
5.6 Procura visual das entidades com dados estendidos – Vercmp.lsp 39
5.7 Edição de Dados - Relcmp.lsp - Editcmp.lsp 40
5.8 Extração de Dados (formato tabular)- Relcmp.lsp - Atrib.lsp 41
5.9 Relações - Relcmp.lsp - Relac.lsp 42

6 Aplicação do Sistema Proposto 43

6.1 Definição do Problema - quantificação e verificação 43
6.1.1 Descrição do exemplo: 43

6.2 Agrupamento - por tipo acrescido por outro usuário 44
6.3 Quantificação das janelas 45
6.4 Relação de janelas a locais 46

7 Conclusão 47

7.1 Vantagens e desvantagens 47
7.2 Dificuldades Encontradas 47
7.3 Possibilidades Futuras 47

Lista de Figuras

Figura 1 – Formação de banco de dados espacial a partir informações de projeto feito em CAD 8

Figura 2 - caminhos das informações dos projetos feitos em CAD 16

Figura 3 – Percurso da Modelagem 20

Figura 4 – Detalhe de Entidades de Projeto 28

Figura 5 – Análise feita a partir dos Objetos modelados com Dados Associados 32

Figura 6 - Modelagem dos Compartimentos 32

Figura 7 – Janela de Entrada de Dados dos Compartimentos (e vãos) – Compart.lsp 37

Figura 8 – Amostra de Usos possíveis – controla-se a equivalência evitando ambigüidades 37

Figura 9 – Janela de Edição de Usos – Uso.lsp 37

Figura 10 – Janela de Visualização e seleção de Compartimentos com chamadas às funções de procura visual, relacionamento, extração de dados, edição de entidades selecionadas – Relcmp.lsp 39

Figura 11 – Janela de edição de entidades selecionadas – Editcmp.lsp 40

Figura 12 – Janela de extração de dados – Atrib.lsp 41

Figura 13 – Janela de verificação de relações (interferências ou pertinência) – Relac.lsp 42

Figura 14 – Planta-Baixa – Projeto ao qual foi aplicado o Sistema 43

Figura 15 – Planilha Resultante da extração dos dados do projeto e acrescentadas os campos ABERT e NOMECMPL 44

Figura 16 –Contagem dos nomes atribuídos aos códigos que foram extraídos do projeto 45

Figura 17 – Tabela de relações extraídas do projeto 46

Figura 18 – Contagem e organização dos nomes atribuídos às janelas , conforme o local aos quais eles pertencem. 46

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Estrutura de dados de definição da entidade **29**

Resumo

O termo Banco de Dados Espacial tem sido usado freqüentemente nas aplicações relativas a Sistemas de Informações Geográficas. Isto demonstra a aplicação de uma ferramenta computacional poderosa (Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados) na solução de problemas de Planejamento Urbano e Regional.

Para que o Banco de Dados possa operar necessita uma Fonte de Dados ou Base de Dados que alimente a sua estrutura e garanta a qualidade e precisão dessas informações. Daí em diante se pode aplicar as suas próprias capacidades na solução dos problemas dos seus usuários.

Reduzindo a escala podemos traçar um paralelo entre os Projetos de Planejamento Urbano e em Projeto de Edificações, logo as mesmas ferramentas podem ser utilizadas neste segundo tipo de projetos. Preparando caminho à utilização destas ferramentas, este trabalho relata o caminho escolhido, a implementação e a aplicação de uma abordagem de formação de Base de Dados Espaciais a partir do Projeto de Edificações

Abstract

Spatial Database is a term frequently used in Geographic Information Systems applications. This means the use of a powerful computing tool (Database Management System) in solving Regional and Urban Planning problems.

A Database Management System needs a Data Source or Base of Data for the Data entry and quality and precise information guaranteeing. Then we can use its own capacities in the solution of the problems of the users.

Reducing the scale we can make a parallel between Urban Planning Design and Building Design and the same tools can be used for the second. Preparing the way of the utilization of these tools, this work speak about the choosing way, the implementation and an approach application of Base of Data formation from Building Design.

1 Introdução

Os sistemas de manipulação de informações, atualmente facilitados pelo emprego dos computadores, estão presentes em muitas atividades profissionais, até mesmo naquelas em que o perfil não é eminentemente tecnológico: advogados, psicólogos, literatos, jornalistas, atores, administradores, se vêem cada vez mais auxiliados nas suas tarefas diárias pela eficiência de sistemas desse tipo.

A partir dessa constatação, associada a necessidade de melhorar a capacidade de trabalho do profissional de projeto (Engenharia Civil e Arquitetura), propõe-se aqui verificar as características atuais da aplicação do conceito de **Sistema de Informações Computadorizado** a uma tarefa de **projeto de edificações,** ressaltando o aspecto da formação da Base de Dados.

Os projetos de edificações têm sido concebidos através do uso das ferramentas computacionais de apoio ao desenho e projeto **(CAD - Computer Aided Design)**, será assumida esta característica como a fonte da qual procedem as nossas informações do projeto primitivamente.

Como a variedade de informações geradas através do uso das ferramentas de CAD é muito ampla, indo desde informações próprias do processamento interno das máquinas e programas utilizados, até informações relativas às especificações do projeto exclusivamente, será necessário distinguí-las e extrair só aquele subconjunto de dados de interesse ao Sistema de Informações proposto (figura 1).

Para que esse subconjunto possa ser extraído será necessário tratar a Estrutura de Dados da representação ou modelo manipulado pelo computador, fazendo com que o acesso aos dados de interesse à análise futura seja conseguido da forma mais eficiente possível.

Esse subconjunto tratado será então a Base de Dados que por suas características de representação do objeto no espaço receberá o adjetivo de espacial. Uma vez que essa

Base de Dados for estabelecida, pode-se trabalhar com esses dados num sistema semelhante ao dos Gerenciadores de Banco de Dados acrescendo-se operações típicas de problemas espaciais, que pelo mesmo motivo anteriormente levantado merece também o adjetivo espacial.

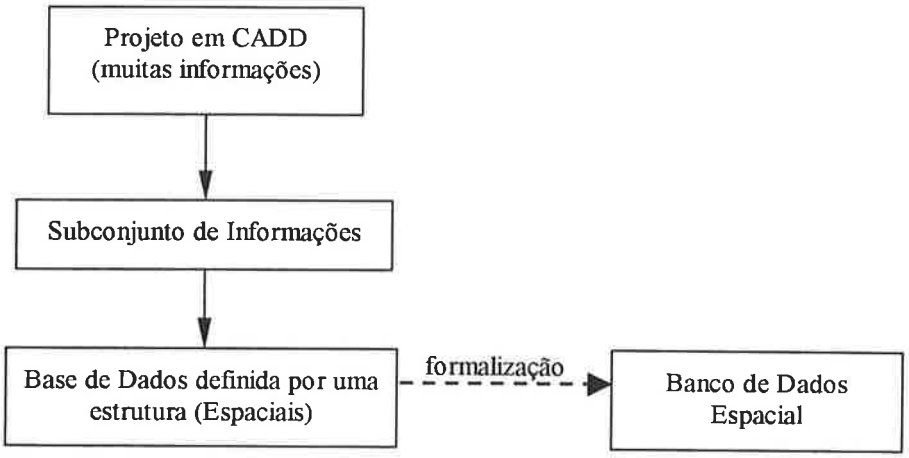


Figura 1 – Formação de banco de dados espacial a partir informações de projeto feito em CAD

O uso da tecnologia de comunicação através das redes de computadores, ou Comunicação Intermediada pelo Computador **(Computer-Mediated Communication)** vem crescendo e ampliando seus horizontes (SPROUL e KIESLLER, 1991). Será indicado o uso dessa tecnologia no que diz respeito ao acesso à Base de Dados do Sistema de Informações, porque o cuidado com a comunicação será essencial ao tratar o tema do projeto feito em equipe, ou seja, no Projeto Colaborativo **(Collaborative Design)**. (GAY e LENTINI, 1995) (SAEKI et alli, 1995)

1.1 Justificativa

Com a inclusão do computador como ferramenta de auxílio ao projeto de edificações, a metodologia de projeto clássica de abordagem do projeto sofre adaptações, quando é compreendida como um *"processo de projeto, isto é, um conjunto de atividades organizadas, interrelacionadas e interconectadas"* (TONDL, 1991). Essa inserção aumenta a capacidade de processamento de um determinado tipo concreto de informações, permitindo ao projetista uma dedicação maior às tarefas de âmbito subjetivo do processo do projeto. Essas tarefas subjetivas fogem do escopo da racionalização necessária ao tratamento computacional.

O uso do computador no processo do projeto dá-se em diversos níveis. As atividades envolvidas podem ser total ou parcialmente afetadas pelo uso do computador (KVAN, 1995). Os critérios que determinarão em cada caso o nível de auxílio do computador deverão ser determinados de acordo com o perfil das atividades desenvolvidas. (SCHMITT, 1988) (KALISPERIS e GRONINGER, 1994)

O tema da implantação do CAD em escritórios de projeto (CHAPUIS, 1995) é freqüentemente tratado em periódicos, publicações de seminários (ex.: (SOBRACON, 1991)) congressos (ex.: (LEWIS et alli, 1990)) e publicações na literatura de divulgação (ex.: CADXPRESS, CADWARE, CADESIGN, etc.). Sendo tópicos bastante populares atualmente a manipulação de objetos (MicroStation), o uso da Internet nos projetos com programas que geram, por exemplo, modelos em VRML (Virtual Reality Modeling Language – Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual) e a comunicação e gerenciamento de vários tipos de dados ao mesmo tempo, dentre os quais os modelos espaciais, por Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados (Oracle)[1].

---

[1] CADXPRESS 02/1996.

Uma das possibilidades verificadas é o apoio, durante o processo do projeto, de um Sistema de Informações ou Sistema de Banco de Dados, que recolhe experiências passadas de projetos similares ou informações técnicas de fabricantes e normas, que servem para avaliação e/ou incorporação de soluções no projeto em desenvolvimento.

As Bases de Dados utilizadas nos Sistemas de Informações Geográficas são um outro exemplo: dados analíticos sobre determinada região são incorporados aos mapas gerando, conforme o tipo de projeto a ser desenvolvido, informações específicas localizadas no espaço (projetos de Planejamento Urbano) (HUXHOLD, 1991).

Essas Bases de Dados podem ser compartilhadas por vários usuários ao mesmo tempo e ainda servir de meio rápido de troca de informações entre diferentes profissionais (KVAN, 1994) (JO et alli, 1993).

Um exemplo de tarefas conjuntas no projeto de edificações na escala do escritório de Projeto de Edificações, é quando na fase de detalhamento do projeto, o projetista de Arquitetura requisita Projetos de Instalações, de Estruturas, etc. Esses projetos terão que resolver problemas específicos mas em harmonia tanto com o Projeto de Arquitetura quanto com os outros projetos.

Verificado que o uso e a comunicação das Bases de Dados é uma das ferramentas poderosas de apoio ao projetista, propõe-se através desta dissertação estudar o uso de um Sistema Computacional de Informações na tarefa de projeto de edificações ajudando, entre outras coisas, a tornar a verificação dessa harmonia entre projetos um trabalho mais rápido e eficiente.

As informações devem ser armazenadas numa forma simples e acessível aos vários componentes da equipe de projeto. Essa equipe é entendida como o conjunto maior formado pelos Projetistas de Arquitetura e os vários profissionais envolvidos nos Projetos Complementares. As informações além de ajudarem no desenvolvimento do projeto podem servir também para verificação final da compatibilidade entre as partes do projeto.

1.2 Objetivo

Apresentar uma possibilidade viável e atual de se produzirem ferramentas computacionais de auxílio ao projeto, com relação à capacidade de gerar e gerenciar informações de projeto que possam ser facilmente compartilhadas pelos vários integrantes de uma equipe.

Supõem-se que esta equipe, e cada membro ou núcleo menor de membros, trabalha separadamente mas estão envolvidos com um único projeto (situação típica de um projeto de edificações em que profissionais especializados tratam um aspecto determinado da construção em harmonia com os outros) . Para isso as ferramentas computacionais devem ser capazes de assimilar as várias ocorrências do trabalho individual e compor uma Base de Dados única que sirva, de uma forma sempre atualizada, como informações de projeto para a equipe, retroativamente.

Tendo em conta que algumas das capacidades assinaladas já existem dentro de sistemas de apoio ao projeto, incluídas em outros sistemas computacionais (em especial no campo dos Sistemas de Informações Geográficas) ou mesmo separadamente, pretende-se identificá-las e aplicá-las ao âmbito do projeto de edificações na formação de uma Base de Dados Espacial visando atender as necessidades do ambiente colaborativo, verificando as suas vantagens e desvantagens, e possibilidades futuras.

1.3 Metodologia

1) Aproveitar o avanço das pesquisas de uma área afim, como é a dos Sistemas de Informações Geográficas, com relação a manipulação de Dados Espaciais e geração de relações com dados não espaciais, procurando adaptar as definições e conclusões sobre um caminho de manipulação dessas relações passível de ser implementado, num Sistema de Informações de Projeto de Edificações.

2) Explorar a capacidade de manipulação da Estrutura de Dados dos modelos gerados pelos programas de CAD, destacando o caminho para adaptar essa estrutura as necessidades de um tarefa simples de associação e extração de dados de projeto de edificações, caracterizando uma Base de Dados Espacial de projeto.

3) Implementar um sistema que sirva de interface da associação de dados estendidos aos Dados Espaciais dentro do ambiente de um editor gráfico, e de extração tanto dos Dados Espaciais quanto dos Estendidos num formato que seja acessível aos integrantes de uma equipe de projeto.

4) Aplicar esse sistema na verificação de algum aspecto espacial, quantitativo e qualitativo do projeto de edificações que envolva a geração das entidades que possuem a Estrutura de Dados complementada pelo sistema implementado.

5) Relatar algumas vantagens e desvantagens do uso do sistema, as dificuldades encontradas e as possibilidades futuras de um sistema com estas características.

2 Projeto Colaborativo auxiliado pelo computador via Banco de Dados Espacial

Devido à complexidade do tipo de produto, os trabalhos são feitos em equipe. No caso do projeto de edificações isso é bastante patente, porque além de ser complexo, as dimensões do produto também são consideravelmente grandes.

As interações necessárias ao trabalho em equipe num ambiente computacional já são um fato graças ao avanço do das redes de computadores (SPROUL e KIESLLER, 1991) (STAMPER, 1994) (ENGST, 1994).

Essas facilidades permitem a solução de problemas relativos ao trabalho de projeto em equipe que não se ousava tentar resolver pela sua complexidade e simultaneidade (WOJTOWICZ et alli,1992), e fez que surgissem termos apropriados ao tipo de estudo, por exemplo Engenharia Concorrente (Concurrent Engineering), Projeto Colaborativo (Collaborative Design), Projeto Cooperativo (Cooperative Design), Engenharia Simultânea, etc.

Dentre estes termos o mais diretamente empregado no projeto de Engenharia Civil e Arquitetura, e que tem um significado mais próximo ao tratamento dado ao trabalho em equipe onde cada integrante colabora com uma parte do todo, é o Projeto Colaborativo.

Apesar da possibilidade é importante destacar que esse tipo de uso está em fase experimental, ou seja, ainda que o canal esteja aberto existem uma série de empecilhos e dificuldades no seu uso efetivo, ainda mais quando se trata de uma aplicação com fins profissionais ou comerciais que exigem sigilo e precisão. O que significa que uma série de pesquisadores espalhados pelo mundo realizam experimentos em âmbito acadêmico com o objetivo de destacar esses problemas e propor uma solução viável ou passível de implantação quando algumas mudanças ocorram, seja na estrutura de comunicação, na formação do usuário, na uniformidade de tratamento dos dados ou do tipo de tarefa executada, etc.

Alguns exemplos de experiências com o Projeto Colaborativo:

Escritório Virtual de Projeto 1994 (CHENG e KVAN, 1994) (WOJTOWICZ, 1994)

Nesta experiência estudaram-se requisitos de ambiente para projetos feitos com a intervenção do computador na prática da arquitetura, discorrendo sobre experiências de projeto colaborativo entre escolas de arquitetura de três continentes, suplementando estas com questões de qualidade na prática do projeto.

Seis escolas de arquitetura em cinco diferentes zonas horárias e três continentes juntaram-se e formaram um grupo de estudantes de projeto para resolver um problema comum. Escola de Arquitetura de Barcelona, British Columbia, Cornell, Harvard, Hong Kong, MIT, Washington em St. Louis trabalharam juntas por duas semanas para pesquisarem novos modelos de casas para uma área de Shangai escolhida para um re-urbanização. O exercício, conhecido como ***Escritório Virtual de Projeto***, introduziu então zonas horárias, culturas e geografia como variáveis com as quais os estudantes tinham que lidar (o termo ***Escritório Virtual de Projeto*** foi primeiramente usado por Dean William J. Mitchel do MIT numa palestra no Media Lab em Fevereiro de 1993).

Neste exercício, os estudantes contaram com ferramentas de comunicação e a colaboração de uma variedade de sistemas, refletindo as preocupações e as diretrizes de cada escola. Cada escola trabalhou as metas de projeto como acharam melhor - algumas formaram equipes enquanto outras permitiram aos estudantes enfrentarem os problemas individualmente. Um servidor foi posto em Vancouver para que arquivos para compartilhamento fossem postados - criando uma "prancheta" digital como acabou sendo conhecida. Imagens digitalizadas, modelos de CAD estruturados e arquivos ASCII foram postados para serem recuperados via FTP quando conveniente. O acesso à prancheta foi irrestrito para os participantes - qualquer coisa poderia ser enviada ou recuperada quando necessário. Esta interação foi suplementada pelo correio eletrônico que cresceu por ter listas de distribuição. Interações futuras foram conseguidas em diferentes zonas horárias durante o projeto usando Collage, vat e CU-SeeMe (todos

estes são sistemas shareware - Collage v1.2.1 do ftp.ncsa.uius.edu and LBL Visual Audio Tool v.2.17beta do ftp.ee.lbl.gov).

Escritório Virtual de Projeto Internacional 1995 (International Virtual Design Studio), Escritório Virtual de Projeto Australiano 1995 (Australian Virtual Design Studio) (1996, MAHER)

A proposta dos escritórios foi que os estudantes adquirissem experiência em projeto colaborativo intermediado pelo computador, em longa distância, e desenvolver um melhor conhecimento de como um escritório deste tipo funciona, quais são os principais gargalos e quais são as principais linhas de pesquisa que possam melhorar o uso prático dos escritórios de projeto virtuais (Virtual Design Studio - VDS). Uma preocupação geral foi pesquisar como a tecnologia pode prover um melhor suporte ao projeto colaborativo.

O que motivou a execução de dois escritórios virtuais foram os diferentes tipos de problemas de projeto abordados e conseqüente diferente estilo de colaboração. Isto fez com que se centrasse a atenção nos aspectos metodológicos e o impacto dos recentes avanços tecnológicos.

International VDS:

Participaram estudantes de: Massachusetts Institute of Technology (EUA), University of British Columbia (Canadá), National University of Singapore, ETH Zurich (Suíça), University of Sydney (Austrália).

O intuito foi colaborar através da comunicação e compartilhamento de idéias, desenvolvendo separadamente seus próprios projetos.

Começando seus projetos em diferentes semanas por causa dos diferentes horários das Escolas, e estando presentes fisicamente em horas diferentes no escritório, fez com que o programa do projeto fosse o mesmo mas tratando de diferentes locais de implantação.

Programa do Projeto: Projetar um ambiente de moradia e trabalho num local afastado. O local foi escolhido por cada escritório separadamente.

Este projeto seguiu um caso extremo de abordagem multi-objetiva de colaboração.

Australian VDS:

Participaram estudantes da University of Sydney , University of Tasmania, Lauceston e a University of Queensland.

Estudantes colaboraram para o desenvolvimento de várias alternativas de projeto para o mesmo local, e finalmente colaboraram para produzir um projeto. Participaram do mesmo programa de projeto e o mesmo cliente, o arquiteto Lawrence Nield.

Este projeto foi um exemplo da abordagem multi-objetiva para a primeira parte, seguida de colaboração mono-objetiva para a segunda parte.

Trabalho Cooperativo e Aprendizado Colaborativo Auxiliado por Computador - CSCW (Computer Supported Cooperative Work and Collaborative Learning). (GAY e LENTINI, 1995):

O objetivo deste estudo foi examinar o uso de um protótipo de ambiente de projeto colaborativo em rede para dar suporte ou aprofundar o aprendizado sobre projeto de Engenharia. Mais especificamente caracterizar atividades e práticas de projeto e examinar o uso de vários recursos de comunicação para incrementar as atividades de um grupo de colaboração com três vias de comunicação.

Para este estudo exploratório, três grupos de estudantes localizados em diferentes regiões geográficas foram requisitados a resolver um problema de projeto usando um sistema protótipo CSCW . Os estudantes tiveram duas horas para projetar uma roda de vento (cata-vento) que deveria produzir dois volts através do aproveitamento do ar produzido por um secador de cabelo. Aos grupos foram dados objetivos análogos de um contratante principal e dois sub-contratantes, mas os objetivos específicos de cada grupo

foram deixados ambíguos para forçar a negociação entre os estudantes sobre os limites de seus objetivos. Aos estudantes também foram dadas uma variedade de materiais para construir o objeto projetado. Estes materiais incluíram blocos LEGO/DACTA, pedaços de madeira balsa, tecido de para quedas, copos de papel, e materiais de fixação. O sistema CSCW consistiu de uma variedade de instrumentos tecnológicos de comunicação e banco de dados em multimedia. Os recursos de comunicação eram todos em três vias, e cada canal estava ativo ao longo da seção.

Estes eram os recursos:

- Audio/Vídeo conferencing - um circuito fechado de video-conferência que permitiu a todos os grupos ver e ouvir todas as atividades dos outros grupos.

- Chat Box - um sistema de conversação que permitiu aos estudantes digitar mensagens no seu computador e enviar para os seus colaboradores

- Draw Tool - outra parte do sistema de conversação, que permitiu aos estudantes desenharem o projeto na tela e fazer aparecer para os outros dois grupos.

O banco de dados multimedia incluia:

- Carousel - um banco de dados interativo de informações sobre engenharia que continha informações sobre cada um dos temas que os estudantes iriam precisar no seu projeto: engrenagens, estruturas, aerodinâmica, potência, e geradores

- Livros-texto Eletrônicos - textos scaneados de livros de engenharia de John Wiley and Sons, que também cobriam os temas necessários aos estudantes.

A título de curiosidade, uma série de outras experiências com escritórios virtuais foram realizadas:

Faculty of Architecture na Delft University na Holanda, D7-Virtual Design Studio, o VDS'96 que conta com a participação da Cornell University, MIT, University of

British Columbia no Canadá e a Hong Kong University (estas últimas duas já vêm experimentando escritórios virtuais desde 1993), National Chiao Tung University em Taiwan, University of Toronto no Canadá, o Human Interface Laboratory na Washington University nos EUA, e a Warsaw Polytechnic na Polônia.

2.1 Projeto Colaborativo e Comunicação de Dados

O Projeto Colaborativo como já foi dito, se apoia nas possibilidades computacionais, e um capítulo essencial, além da capacidade de processamento é a capacidade de comunicação de dados. Mas a tarefa de projeto em si não se apoia em todos mas num subconjunto dos dados trabalhados pelo computador o que faz surgirem novas necessidades neste processo.

Apesar de uma certa diversidade, algumas da necessidades que dizem respeito ao projeto de edificações, destacadas das experiências acima citadas podem ser resumidas em:

1) Desenvolvimento de tecnologia que dê suporte direto às necessidades do escritório/grupo e dos profissionais de projeto. Isto se deve ao fato de que a tecnologia desenvolvida tem potencial mas não se abrange capítulos fundamentais no projeto colaborativo. Os projetistas usam uma série de ferramentas para desenvolver seus projetos e as todas as representações desenvolvidas com estas ferramentas envolvem a interpretação humana. A idéia de automação do projeto não é comum no ramo do projeto de edificações.

2) Mudança do modo como as informações são comunicadas e compartilhadas. Isso indica que há necessidade de um conhecimento de como a informação de projeto pode ser comunicada e compartilhada numa equipe trabalhando colaborativamente. A mudança significa desenvolver representações que minimizem o desentendimento por uma representação explícita das informações de projeto que pode ser desenvolvida colaborativamente. As informações não necessitam somente serem explícitas mas também formalizadas para incluir tanto as representações geométricas tradicionais quanto as representações visuais e a representação, menos tradicional, de intenção, funcionalidade e critérios de performance. A experiência mostrou que este tipo de informações era comunicada verbalmente mas não formava parte explícita das representações computacionais compartilhadas.

Por mais que se exija uma normatização radical, o que seria muito bom para um trabalho baseado na estrutura computacional, isso se torna impraticável já que cada projetista trabalha de uma determinada maneira, mesmo dentro de um mesmo escritório.

O escritório virtual de projeto ainda é algo para o futuro. O seu sucesso depende do desenvolvimento de um conhecimento compartilhado por seus participantes, e isto no estágio atual da tecnologia de comunicação exige muito esforço. Além do mais ao melhorar a tecnologia, necessita-se incorporar algumas estruturas no modo que a informação é modelada e no meio pelo qual ela é compartilhada entre os projetistas. (MAHER, 1996)

2.2 Projeto Auxiliado por Computador

Os acréscimos que a tecnologia computacional inseriu no contexto do projeto ao assumir o computador como uma ferramenta de apoio direto tanto ao desenho como ao projeto num sentido mas amplo (1992, MEDLAND) (1990, LEWIS et alli), podem ser analisados a partir da perspectiva evolutiva, ou seja, partindo da inserção nas tarefas mais simples em direção às mais complexas. Também é possível localizar aqueles pontos onde pode-se implementar o aspecto colaborativo dentro de um sistema de informações para o projeto.

2.2.1 Do desenho tradicional ao projeto auxiliado pelo computador

Os desenhos de arquitetura e engenharia tradicionais, feitos no papel com o auxílio dos instrumentos de desenho, ou mesmo usando os editores gráficos para computador, possuem características peculiares que foram estabelecidas com base, em grande parte, na experiência. Essa experiência que tem como ponto de partida o momento em que se procurou representar anteriormente pela primeira vez um objeto que desejava construir, foi sendo aprimorada, em princípio, na mesma medida em que as relações de trabalho, estrutura e divisão de tarefas dentro do que se pode chamar setor (ou indústria) da construção civil, se aprimorava também. (CUFF, 1991)

Como resultado dessa evolução, do ponto de vista da representação gráfica do objeto em si, chegamos ao que hoje está reunido e organizado em forma de normas técnicas relativas aos desenhos que compõem os documentos de um projeto. Essas normas versam só sobre o desenho tradicional: requisitos desejáveis para uma comum compreensão dos envolvidos na consecução de uma obra de engenharia.

2.2.2 Desenho Técnico: mais que uma norma

O desenho técnico, no entanto, é mais do que uma simples expressão gráfica padronizada. Na realidade o fato de consagrar, por exemplo, as vistas ortográficas como representações típicas da linguagem de projeto já se supõe um nível superior de significação.

Neste caso o desenho não é uma coisa que numa primeira abordagem não tem valor de expressão comunicativa no plano tecnológico, e só servirá quando se comportar como substrato ao qual se adere um valor por uma ação externa de quem tem autoridade para isso (associações normativas), como seria o caso de símbolos técnicos. De fato ele possui esse valor por ser uma abstração geométrica carregada de significado e de relações quantitativas (escala) e qualitativas (ponto de vista do observador).

Quando as vistas ortográficas, seguindo ainda o mesmo exemplo, estão associadas a descrições (legendas, textos etc.), e aos próprios símbolos, estes completam algumas informações necessárias para que se possa estabelecer efetivamente uma comunicação mais clara e completa. Neste momento começamos a ter um projeto, mesmo que no sentido mais amplo esta palavra exprima conceitos de metodologia e desenvolvimento de um processo intelectual e laboral (LAWSON, 1980).

Os desenhos que fazem parte do projeto não são só as vistas ortográficas. Desenhos de perspectivas, desenhos esquemáticos, gráficos matemáticos, gráficos resultantes de tabelas, etc. formam uma gama muito ampla de representações, que serão usadas na medida em que se encaixarem em determinadas fases e estiverem relacionadas a pessoas de níveis distintos dentro do processo do projeto (1982, LASEAU, 1982).

2.2.3 O desenho feito em CAD

Sob esse ângulo, o trabalho do desenho técnico é, resumidamente, juntar os desenhos aos dados que eles representam de forma compreensível. A compreensão resultará na obra, ou seja na transformação em realidade daquilo que se 'imaginou', que se 'projetou', aquilo do qual se formou uma imagem mental e que foi lançada num meio de representação (papel por exemplo). Portanto na cabeça de quem interpreta aquela representação plasmada no papel, os dados de desenho, os simbólicos e os descritivos se unem formando a imagem de um objeto, que se deseja construir ou fabricar.

Pode-se entender que esse esforço de reunião e composição do projeto sofre uma sensível mudança de acordo com o meio utilizado para representá-lo. No caso referido acima, o meio era o papel, os instrumentos eram os tradicionais, as relações de trabalho

e as divisões de tarefas, de certo ponto de vista, eram estruturadas conforme esses elementos.

Uma vez que os computadores se tornam instrumentos viáveis, em que além de se popularizarem alcançam uma capacidade de processamento de imagens e textos e comunicação dos mesmos que permitem o trabalho sistemático do projetista (HOLLAND e STORNETTA, 1993), são empregados massivamente no processo de projeto, o que conduz a algumas adaptações naquelas relações de trabalho e divisões de tarefas (KALISPERIS e GRONINGER, 1994).

Uma mera substituição de elementos, seguida da adaptação na forma de trabalhar, seria uma meta muito pouco ambiciosa ao se inserir um equipamento do porte de um computador no âmbito do projeto. Já seria um claro avanço em economia de tempo e de esforço mas também geram-se novas relações e necessidades, que de certa maneira exigem uma nova cobertura de eficiência para compensar o investimento (TONDL, 1991) (KVAN, 1994).

À semelhança do projeto feito direto no papel o computador usa um meio: as informações digitais armazenadas magneticamente. Os instrumentos serão aqueles que os programas oferecerem, que certamente vão cobrir todas as necessidades do desenho tradicional mas também acrescentarão novas ferramentas de desenho e análise, que pelo aspecto virtual da representação digital são possíveis (SCHMITT, 1988).

Esse aspecto virtual significa também que as informações são altamente modificáveis, e que permitem ao projetista, realizar várias tentativas e opções de projeto com muito maior facilidade do que no papel. Ou seja, a tarefa de projeto estará sendo realizada através do computador, e esse trabalho tem como produto um arquivo que pode ser facilmente manuseado, e carece do aspecto psicológico de compromisso que com certa facilidade se pode atribuir ao papel.

2.2.4 Informações acrescentadas ao desenho feito em CAD

Para que novas ferramentas de desenho e de análise possam ser incorporadas, é necessário um acréscimo de informações, de especificações, que já não dizem respeito propriamente ao desenho em si mas ao processamento dos dados do desenho pelo computador afim de produzir esses novos resultados

Um exemplo típico do uso desse novo tipo de informações assumido pela maior parte dos programas é o *agrupamento de entidades* e o *trabalho em camadas*. No primeiro caso entidades primitivas: linhas, círculos, arcos, textos que conformam uma determinado objeto que deve repetir-se muitas vezes no desenho podem ser *agrupados* de maneira que sempre que haja necessidade do mesmo conjunto de entidades se possa recorrer a todos com uma única chamada ao *agrupamento*, à semelhança do uso de gabaritos no desenho tradicional. No segundo caso uma quantidade grande de entidades pode ser associada a uma *camada* ou *nível*, de forma a que qualquer tipo de edição global dessas entidades possa ser feita sem que se afetem as outras: mudança de cor, de espessura, de escala por exemplo. Tanto num caso quanto no outro foram necessárias novas informações - no primeiro: quais são as entidades *agrupadas* ?, e no segundo: que entidades pertencem a uma determinada *camada*?.

Existem ainda outros níveis de informações acrescentadas que implicam o conhecimento da estrutura descritiva das entidades que serão comentados posteriormente.

Os desenhos feitos em CAD, portanto, agregam uma série de informações, cada uma delas com um propósito determinado, sendo que só algumas delas podem ser aproveitadas diretamente para análise (Figura 2).

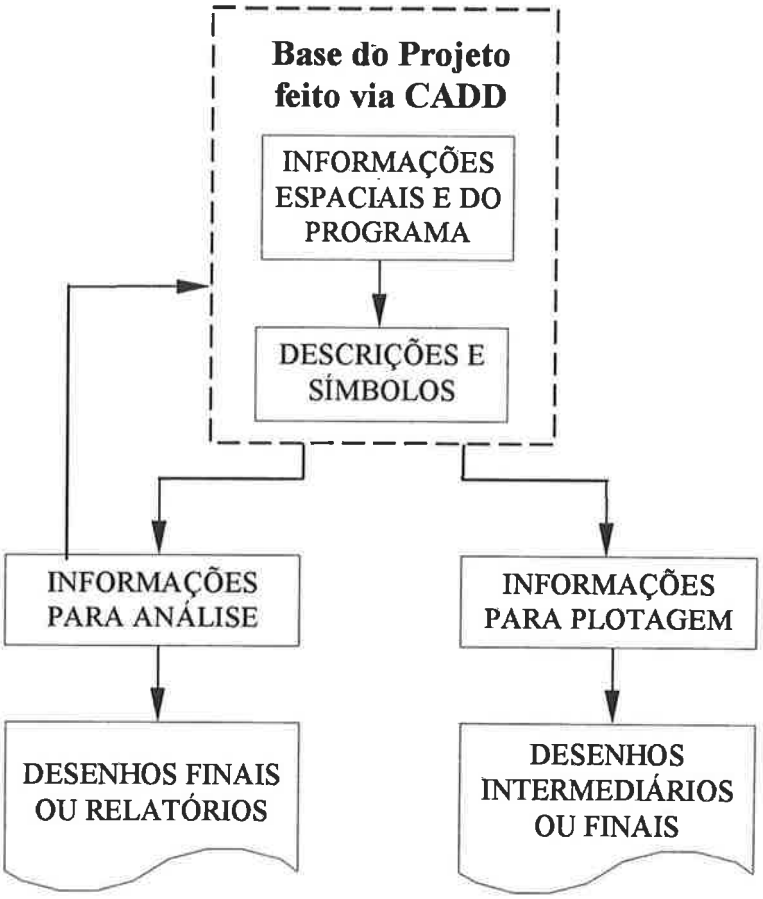


Figura 2 - caminhos das informações dos projetos feitos em CAD

2.3 Caracterizando o auxílio ao projeto

Usar o computador para o auxílio ao projeto é portanto uma tarefa muito mais arrojada do que a simples substituição dos meios de desenhos tradicionais, ainda que isso já indique uma evolução. Aproveitar essa parcela de informações produzidas pelo Estrutura de Dados dos programas, a capacidade do computador, etc.

Neste sentido, de acordo com TONDL (1991):

> "Enquanto cálculos técnicos de engenharia eram os mais freqüentes 'gargalos' no processo de projeto no passado, os processos de projeto recentes trabalham com situações complexas em construção, planejamento regional e de uso do solo, e gerenciamento e proteção ambiental, incluindo um número de outros 'gargalos' nos quais a ajuda do computador no projeto pode ser seriamente empregada. Estes 'gargalos' incluem particularmente aquelas atividades que requerem um processamento de grandes quantidades de dados e de atividades baseadas em repetições, de tempo e de capacidade de processamento, demandando operações rotineiras, nas quais soluções requerem o envolvimento de um grande número de pessoas ou nas quais soluções não automatizadas não garantem a precisão, a confiabilidade ou os detalhes necessários. Há provavelmente outros motivos para a introdução do CAD, como a possibilidade do armazenamento automático e o uso diferenciado de dados e arquivos em vários campos. A automação permite a solução de problemas que são devidos a várias razões (na maior parte devidos à capacidades insuficientes ou prazos curtos), não solucionáveis por métodos tradicionais não automatizados."

Do que foi dito pode-se concluir que quando existe a preocupação efetiva em implantar o CAD no projeto surge um outro questionamento: quais serão as atividades passíveis de auxílio e até que ponto elas poderão ser completamente assumidas pelo computador.

Ainda que a extensão do uso do computador seja algo patente e crescente nessa área, verifica-se uma grande dificuldade quando se trata de pôr em prática esse auxílio de uma forma mais profunda.

Conforme constatado por KVAN (1995) numa pesquisa feita em 1995 em Hong Kong o estágio das ferramentas computacionais ainda estão abaixo das expectativas visto

que a atividade profissional dos projetistas visa eminentemente um fim pragmático e imediato o que desestimula um avanço mais incisivo que demandaria uma série de adaptações custosas e não tanto imediatas.

Outros setores ressentem-se já da falta de padronização ou coordenação no uso dessas ferramentas, especialmente quando se trata de uma equipe grande ou departamento (DAS, 1996) de uma empresa de porte, envolvida numa tarefa única de projeto ou de produção de subsídios para o projeto.

Esquematicamente poderíamos separar os tipos de ferramentas utilizadas conforme dois sistemas de tratamento de dados:

Sistemas de representação:

- Editores de Textos
- Editores Gráficos

Sistemas de manipulação:

- Gerenciamento de dados - armazenamento, consulta
- Processadores de dados - cálculos, relações

2.4 Temas atuais de estudos relacionados ao CAD

As várias ferramentas acrescentadas por esse aspecto virtual e pela capacidade de processamento típica do computador geram e/ou permitem que se tratem vários temas relativos ao processo do projeto com muito mais profundidade e amplitude. Podemos destacar alguns temas atualmente estudados.

Em recentes congressos, onde já surge o conceito do CAD aplicado mais especificamente ao apoio ao projeto de Engenharia Civil e Arquitetura (CAAD) destacam-se temas de estudo mais recentes. Eis aqui alguns incluídos no CAAD Futures 95 (Computer Assisted Architectural Design - 1995):

- Case-Base Reasoning - Argumentação baseada em casos
- Cooperative Design - Projeto Cooperativo, Colaborativo
- Decisions Support Systems - Sistemas de apoio a decisões

- Design Kinematics and Animation - Projetos cinemáticos e animação
- Electronic Design Media - Meios eletrônicos de projeto
- Environmental Simulation - Simulação Ambiental
- Generative Design - Projeto gerador
- Geographic Information System - Sistema de informações geográficas
- Human-computer Interaction - Interação Homem-computador
- Information Delivery System for Design - Sist. de apoio de informações ao projeto
- Knowledge-based Design Tools and Artificial Intelligence - Ferramentas para Sistemas baseados no conhecimento (Sistemas especialistas) de projeto e Inteligência Artificial
- Precedence and Prototypes - Precedências e Protótipos
- Prediction and Evaluation - Previsão e Avaliação
- Rapid Prototyping - Protótipos expressos
- Construction Robotics - Robotização da Construção
- Scene and Production Modeling - Modelagem de Ambientes e para a Produção
- Shape Grammar - Gramática das Formas (planas)
- Shape Recognition and Emergence - Reconhecimento de formas e procedência
- Space Planning and Facilities Management - Gerenciamento do Planejamento Espacial e de serviços
- Trends and Practice - Tendências e Práticas
- Virtual Reality - Realidade Virtual

Os temas sublinhados serão mais diretamente mencionados nesta dissertação, sendo que alguns outros muitas vezes são aplicações concretas ou subcapítulos destes.

2.5 Banco de Dados Espacial

Bancos de Dados Espaciais (GÜTING, 1994) são aquelas formulações de dados organizadas a partir de uma Base de Dados Espacial, que cumprem funções semelhantes as do Banco de Dados tradicional (DATE, 1976) acrescentando funções mais próprias da abordagem espacial (KLINGER e PIZZANO, 1991) (AREF e SAMET, 1991). Questões sobre o acesso, a organização ou estrutura dos dados, manutenção e armazenamento, portanto, também surgem neste âmbito.

A formulação de um Banco de Dados visa modelar uma situação afim de resolver uma série de problemas que necessitam daqueles dados.

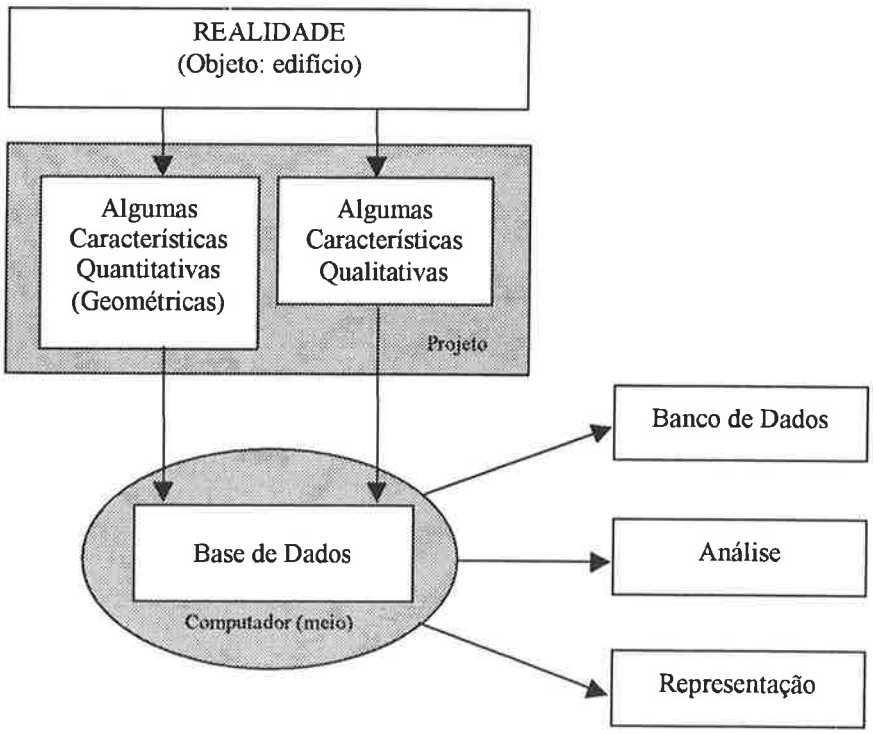


Figura 3 – Percurso da Modelagem

Um modelo do ponto de vista espacial é, em poucas palavras, uma representação simplificada de um objeto, realidade física, na qual se ressaltam algumas características que se desejam estudar ou simplesmente apresentar a um observador. Através de um

meio determinado (uma maquete de papel, por exemplo) plasma-se uma idéia ou a interpretação da descrição de algo que já existe, segundo as limitações desse meio.

No nosso caso o **Objeto** é o **edifício** a ser construído, cujos dados sobre ele estão reunidos no **Projeto**, e o meio é o **Computador**, que a partir de uma **Base de Dados** interpretará uma descrição do objeto e representará ,analisará esse objeto, ou formulará um **Banco de Dados**, conforme o resultado que se deseja.

O computador ao mesmo tempo armazena e manipula a Base de Dados, que nada mais são que informações definidas claramente numa Estrutura de Dados escolhida pelo autor do programa que gerou esta Base de Dados.

Neste sentido, para chegarmos a um modelo computacional que auxilie o projeto é preciso:

Do ponto de vista do objeto:

- definir um modelo a partir da descrição do objeto
- organizar uma Estrutura de Dados do modelo
- verificar se as informações são suficientes para representar e analisar o objeto de uma forma fidedigna

E do ponto de vista do meio:

- separar e organizar os dados essenciais a partir da Estrutura de Dados do modelo construindo uma Base de Dados
- permitir o acesso e controlar a consistência dos dados
- verificar se o acesso aos dados permitem auxiliar no desenvolvimento e na verificação do projeto, e, em se tratando de um projeto feito em equipe, a comunicação dos dados entre os integrantes de uma equipe

Essa Base de Dados tem características eminentemente espaciais já que o modelo representa algo que tem ou terá existência física, ou seja, presença no espaço. Mas, obviamente não são suficientes os Dados Espaciais pois estes só nos dão informações quantitativas. É necessário portanto, a associação de dados qualitativos ou mesmo

especificantes e informações adicionais que não estejam presentes na representação final mas que são interessantes para uma compreensão mais completa do modelo.

Um Banco de Dados Espacial possui peculiaridades por se tratar de uma aplicação não convencional desse procedimento tradicional na computação (PRICE e GOLENDGIER, 1989). No estudo e desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas - SIG (em inglês Geographic Information Systems - GIS) muitos protótipos para formar um Banco de Dados Espacial a partir de descrições de objetos geográficos foram sugeridos, como por exemplo: (BATORY et alli, 1990) (CAREY, M. et alli, 1988) (GÜTING, 1989) (HAAS et alli, 1990) (SCHEK et alli, 1986) (STONEBREAKER e ROWE, 1986). (AREF e SAMET, 1991) apresentam além desses a possibilidade de extensão com operações espaciais dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de dados (em inglês: Database Management Systems - DBMS), que se adaptam com relativa facilidade ao tipo de programas utilizados para experimentar na prática o conceito de Banco de Dados Espacial.

Uma das dificuldades está em que a descrição de objetos no espaço comportam dados de tipos diferentes, que podem ser divididos em dois grandes grupos - os dados exclusivamente espaciais (coordenadas, distâncias, áreas, perímetros, etc) e os dados especificadores que variam conforme o modelo, e que são de natureza não espacial (códigos, referências, nomes, etc.). Neste sentido (AREF e SAMET, 1991) afirmam:

> "Devido à diferente natureza dos dados espaciais e dados não espaciais, um requisito essencial é que cada tipo seja representado por uma estrutura de dados específica, que comporta suas necessidades operacionais. No entanto, para um processamento eficiente, estas estruturas de dados tem que estar estreitamente integradas ao modelo de dados espacial."

Para compreender um pouco mais como se pode tratar esse tema do Banco de Dados Espacial numa aplicação semelhante ao Projeto de Edificações segue-se uma breve explanação sobre os Sistemas de Informações Geográficas.

3 Paralelo com os Sistemas de Informações Geográficas - SIG

Ao falar de Sistemas de Informações aplicado ao Projeto de Engenharia e Arquitetura, conduzimo-nos a aplicações já existentes que trabalhem com o conceito de Dados Espaciais, e algumas das principais e mais afins são aquelas que empregam os Sistemas de Informações Geográficas - SIG (Geographic Information Systems-GIS).

Conforme introduzido no capítulo anterior, apresenta-se na seqüência uma breve explanação sobre aspectos básicos dos SIG, enfocando especialmente aqueles cujo tratamento das Bases de Dados Espaciais podem ser aproveitados no projeto de edificações auxiliado pelo computador.

3.1 Definição Genérica de SIG

P. A. Burrough, apud (HUXHOLD, 1991) p.25, afirma sobre as matérias envolvidas no SIG que:

> "Essencialmente, todas estas disciplinas estão voltadas para o mesmo tipo de operações - ou seja, desenvolver um poderoso conjunto de ferramentas para *agregar, classificar, extrair conforme um critério, transformar, e mostrar* **dados espaciais** do mundo real para uma determinada série de propósitos"

Ainda que essa "determinada série de propósitos" do SIG esteja mais voltada para aplicações referentes aos objetos geográficos os objetivos de *agregar, classificar, extrair conforme um critério, transformar, e mostrar* ***dados espaciais,*** são os mesmos da aplicação de um sistema de informações no projeto de edificações:

- Agregar: Recolher os dados que estão distribuídos em diversas fontes, ou mesmo organizar a entrada desses dados com a finalidade de obter um único conjunto de dados para serem utilizados conforme o tipo de análise a ser feita. Ex.: recolher as informações sobre os diversos pavimentos que constituem uma edificação para obter o valor da demanda de energia total.
- Classificar: Ordenar os dados conforme o tipo e o nível de aplicação na análise, como separar entre dados primários e secundários, espaciais e não espaciais,

temporários e definitivos, etc. Ex.: indicar quais os elementos do mobiliário dependem de uma instalação específica (tomada elétrica, ponto de água) e aqueles que seu posicionamento é mais livre.

- Extrair conforme critério: Ao se estabelecerem critérios, conforme a análise prevista, formar um subconjunto de informações que vai ser efetivamente utilizado. Ex.: no cálculo de quantitativos, separar só os equipamentos hidráulicos conforme a referência, o modelo, o material e o fabricante.
- Transformar: Operações de edição das informações ou nova disposição das mesmas para verificar outras possibilidades, corrigir erros ou permitir o emprego de um tipo de análise inicialmente não incorporada ao sistema. Ex.: renomear, mudar tipo, relocação de mobiliário, redimensionamento dos ambientes, etc.
- Mostrar: Permitir ao usuário uma resposta visual às manipulações exercidas no sistema. Ex.: apresentar o resumo de quantitativos em forma de tabela, de gráficos, dispor os pontos de instalação em camadas de cores diferentes, etc.

Todas essas operações se referem como fim último a *dados espaciais* o que não quer dizer que só esse tipo de dados seja trabalhado mas que a localização no espaço é o intuito principal desse sistema.

Falando sobre sistemas de bancos de dados (AREF e SAMET, 1991) ressaltam:

> "Hoje em dia, um dos problemas de bancos de dados mais importantes é como dar suporte a classes de aplicações que não são bem servidas pelos sistemas relacionais convencionais. Alguns exemplos de aplicações não padronizadas são os projetos auxiliados por computador (Computer-Aided Design - CAD), sistemas de informações geográficas (Geographic Information Systems - GIS), e bancos de dados de imagens. Estas aplicações são caracterizadas pela existência de objetos complexos."

3.2 Disciplinas Relacionadas

Ainda sobre Sistemas de Informações Geográficas podemos citar conceitos e ferramentas empregados:

Conceitos:

- Informação Digital de Mapas - Digital Map Information
- Atributos de Dados não gráficos - Nongraphics Attribute Data

- Sistemas de Informações Geográficas, Mapeamento Automático / Mapeamento de Facilidades (Automated Mapping / Facilities Mapping - AM/FM), CAD (Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador), e similares

Cujas ferramentas são:

- Tecnologia de Mapeamento Automático - Automated Mapping Technology
- Sistemas de Gerenciamento de Base de Dados - Data-Base Management Systems
- Registro de Informação sobre Terreno - Land Record Information
- Estruturas de Dados Topológicos - Topological Data Structures
- Capacidade de Análise Espacial - Spatial Analysis Capabilities

3.3 Entidades e Objetos

Essas disciplinas trabalham com objetos e entidades, sendo que do ponto de vista cartográfico as entidades são consideradas tudo o que possui presença no espaço e os objetos são as entidades modeladas e armazenadas digitalmente (HUXHOLD, 1991). Esses conceitos vão ser empregados adiante só que por uma questão de uso habitual no programa utilizado, serão tratados inversamente.

3.4 Futuro dos Sistema de Informações Geográficas

Grupos dedicados ao estudo dos SIGs destacam como desenvolvimentos futuros:

- Melhorar a manipulação da Base de Dados - uma maior uniformidade dos pacotes de gerenciamento de banco de dados
- Um SIG tridimensional - na medida em que for aumentando a capacidade de processamento dos computadores, a geração de modelos em 3D pode se tornar mais popular
- Maior integração dos dados digitais - o uso de mapas digitais e Sistemas Globais de posicionamento por satélites, alterarão o modo de captura de dados para os SIG.
- O uso mais amplo do SIG - conforme os softwares vão se tornando mais baratos e fáceis de utilização, assim como é maior o uso de instrumentos de navegação e mapas-base, então o uso do SIG se tornará mais comum.
- Facilidade de uso do SIG - aplicações como planilhas e banco de dados se tornaram uma realidade diária para muitas pessoas, enquanto que há 15 anos só especialistas conseguiam produzir a mesma qualidade de documentos que hoje é

> conseguida. O SIG poderá incorporar muito do conhecimento especialista necessário para usá-lo e tornar-se algo também comum.

Essas previsões, que não são nem muito arrojadas, podem nos fazer ver uma grande possibilidade de uso em larga escala desses sistemas, e ainda: uso mais amplo do SIG, comentado acima, faz vislumbrar a capacidade de uso dessas ferramentas em aplicações não tão usuais ao SIG, como é o caso do projeto de edificações.

4 Manipulação da Estrutura de Dados

Os dados sobre os objetos que são destacados da realidade e transformados no modelo precisam ser arranjados numa Estrutura de Dados passível de ser manipulada pelo computador, e também esse processo pode seguir semelhante ao feito nos SIG (SHAPIRO,1980) (HARALICK,1980).

Ao ampliar o uso do SIG para abranger também o projeto de edificações, na realidade estaremos mudando o objeto em foco, o que no caso proposto significa que estaremos "reduzindo" as dimensões do objeto: do um ambiente geográfico ao ambiente urbano, de uma região metropolitana ao terreno, das relações entre os agentes políticos que conformam a distribuição espacial das atividades em uma cidade às relações entre as diversas funções humanas que podem ser desempenhadas em uma edificação e que portanto conformam a sua distribuição espacial. Ao realizar essa redução será necessário adaptar aqueles conceitos empregados no SIG tendo como padrão de valor a sua adaptação ao novo objeto.

Para a manipulação da Estrutura de Dados deve-se garantir que os dados necessários ao gerenciamento e disposição das entidades pelo editor estejam presentes, ou seja, estes dados não podem interferir nestas operações. Para tanto se faz uso desta associação. Como a utilização destes dados associados é livre, é preciso pensar em como utilizá-los tendo em vista tão somente as aplicações futuras. Isto conduz também à necessidade de garantir um nível de generalidade tal que não comprometa a eficiência do sistema de informações e que seja compatível com a cobertura dos requisitos das aplicações mais freqüentes.

O sistema implementado neste trabalho limitou-se a uma abordagem mais genérica possível para poder experimentar imediatamente os efeitos da inserção dos dados estendidos numa aplicação simples porém real e concreta.

4.1 Definições

Apresenta-se aqui uma série de definições para facilitar a compreensão dos tópicos seguintes, algumas delas já mencionadas:

4.1.1 Editor Gráfico

Programa interativo dedicado à manipulação e visualização de elementos gráficos pelo computador.

4.1.2 CAD

Computer Aided Design - conceito que engloba o conjunto de ferramentas computacionais que auxiliam e tem relação direta com o projeto.

4.1.3 CADD

Computer Aided Drafting and Design - Semelhante ao CAD este conceito faz referência à distinção nem sempre muito clara entre o simples desenho, e o desenho que tem finalidade de servir de comunicação para o projeto, que por sua vez é resultado de uma modelagem computacional e opera com entidades complexas como polylines, blocos, e que conta com uma série de atributos e funções especiais de edição e gerenciamento das entidades.

4.1.4 CAAD

Computer Aided Architectural Design - Também semelhante ao CAD, este conceito refere-se especificamente as ferramentas que auxiliam no projeto de edificações.

4.1.5 Programa de CAD

Programa de computador que incorporando um editor gráfico, auxilia a modelagem 2D ou 3D para um projeto. Os programas de CAD surgiram no âmbito do

projeto mecânico e atualmente estão presentes em muitas outras áreas, em especial houve um grande crescimento e desenvolvimento no campo do projeto de edificações.

4.1.6 Modelo

Conjunto de entidades geométricas e/ou entidades complexas que representam uma abstração, em 2D ou 3D da realidade em que se destacam somente as características necessárias para uma determinada aplicação ou estudo. Geralmente os modelos possuem uma escala (em muitos casos reduzida), e diversos níveis que variam conforme a profundidade da aplicação ou estudo citados.

4.1.7 Dados Genéricos do Modelo

Dados descritivos de um modelo que não seguem necessariamente uma formulação rígida mas que permitem uma interpretação humana do objeto real segundo a abstração feita pelo modelo.

4.1.8 Dados Geométricos do Modelo

Dados que permitem a definição de uma entidade bidimensional ou tridimensional segundo as suas características quantitativas e formais. Ex.: número de arestas, tamanho das mesmas, ângulos internos, critérios de construção - hexágono regular de lado 3cm (6 arestas, ângulos internos iguais, arestas iguais entre si e todas iguais a 3cm)

4.1.9 Dados Espaciais do Modelo

Semelhante aos dados geométricos, acrescentam-se definições topológicas, ou seja, relações internas entre os elementos básicos dos quais a forma geral da entidade é composta. Por exemplo, as arestas de um polígono são ao mesmo tempo os limites de uma área interna, limites com a vizinhança e percurso do perímetro se saindo de um vértice se percorre todo o polígono até chegar ao mesmo vértice.

4.1.10 Dados Estendidos do Modelo

Dados que se aderem a estrutura descritiva da entidade mas não são necessários para o gerenciamento dessa entidade pelo editor gráfico

4.1.11 Dados Associados do Modelo

Dados Estendidos inseridos pelo usuário com a finalidade de serem usados por uma aplicação complementar, posteriormente acrescentada ao editor gráfico

4.1.12 Entidades e Objetos

Normalmente o termo entidade é aplicado a algo que tem realidade física e o termo objeto é aquela realidade transformada em modelo computacional. Neste caso são dotados de Estrutura de Dados rígida que é manipulada pelo programa (editor gráfico por exemplo)

Aqui será tratada a *entidade* como o resultado completo da criação a partir de uma série de dados (geométricos, espaciais, estendidos, associados), de uma realidade distinta ainda que permaneça como um modelo computacional, ou seja, um *objeto*. Distintas porque, por exemplo, um ponto, uma reta, um polígono, são realidades distintas apesar de respectivamente incorporarem cada um as definições dos anteriores.

Essa diferença de tratamento se deve à nomenclatura utilizada na aplicação, correspondente ao utilizado pelo programa adotado.

4.1.13 Entidades Geométricas

Entidades localizadas no espaço, que possuem características geométricas que definem a sua forma e servem para a manipulação pelo editor gráfico. Por exemplo: pontos (coordenadas), linhas (pontos inicial e final), circunferências (centro e raio) , arcos (centro, raio, pontos inicial e final), etc.

4.1.14 Entidades de Projeto

Modelo que representa algum elemento do projeto. Pode estar mais ou menos próxima da representação visual da entidade real. Por exemplo: Paredes (linhas paralelas) , interruptores (bloco representando símbolo normalizado), mobiliário (desenho ou bloco de "gabarito" em planta ou em vista do elemento de mobiliário)

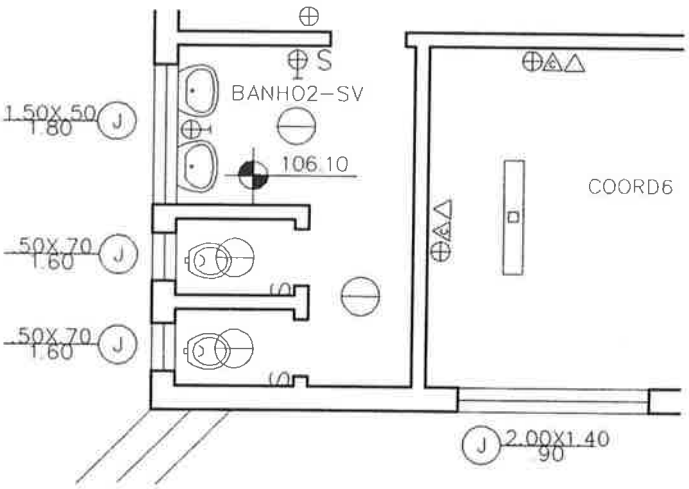


Figura 4 – Detalhe de Entidades de Projeto

4.1.15 Entidades Complexas

Entidades que são formadas a partir de várias Entidades Geométricas Básicas, e que possuem características especiais como *dados estendidos* *, vínculos, etc. São exemplos: Polylines, Blocos, Atributos, Textos, Hachuras, Polígonos, Superfícies, Sólidos, etc.

4.1.16 Estrutura de dados de definição da entidade

Tabela 1 - Estrutura de dados de definição da entidade

Início da lista de definição da entidade	(
Nome da entidade	(-1 <Entity name: 600000c0>)
tipo	(0 . "INSERT")
camada	(8 . "0")
	(2 . "*X0")
Coordenada	(10 0.0 0.0 0.0)
	(41 . 1.0)
	(42 . 1.0)
	(50 . 0.0)
	(43 . 1.0)
	(70 . 0)
	(71 . 0)
	(44 . 0.0)
	(45 . 0.0)
	(210 0.0 0.0 1.0)
início da lista de dados estendidos	(-3
início dos dados estendidos relativos a uma aplicação	(
nome da aplicação que inseriu os dados estendidos	"ACAD"
campo – string	(1000 . "HATCH")
campo - controle início do subconjunto de dados estendidos dentro da aplicação "ACAD"	(1002 . "{")
campo – inteiro	(1070 . 16)
campo – string	(1000 . "LINE")
campo – real	(1040 . 1.0)
campo – real	(1040 . 0.0)
campo controle - fim do subconjunto de dados estendidos dentro da aplicação "ACAD"	(1002 . "}")
fim dos dados relativos à aplicação "ACAD"	)
fim dos dados estendidos	)
fim da lista de definição da entidade	)

Para que um programa de CAD possa manipular as entidades por ele produzidas via editor gráfico, ele gera uma lista de dados e atributos para cada entidade, numa seqüência, ou estrutura, padronizada pelo elaborador do software.

Existem estruturas que, ou pelo uso freqüente, ou por uma convenção, se tornaram padrão universal. Em muitos casos o programa manipula internamente uma estrutura própria e pode ter como saída (exportar) um formato de estrutura padronizada.

No caso do AutoCAD existe uma definição interna que pode ser exportada como DXF - Drawing Interchange Format

4.1.17 Estrutura de dados de definição da entidade estendida

Entidades Geométricas ou Complexas que possuem Dados Estendidos (vide Tabela 1)

A estrutura estendida está separada dos dados associados por ter um significado mais genérico e dizer mais respeito ao processamento interno de procedimentos do editor gráfico.

4.1.18 Estrutura de dados de definição da entidade com dados associados

Entidades Geométricas ou Complexas que possuem Dados Associados (vide Tabela 1).

Uma vez que essa estrutura possui os dados associados outros programas podem fazer referência direto a elas tendo como critério de referência os dados estendidos.

5 Implementação do Sistema Proposto

Para implementar um mecanismo de associação de dados estendidos e conseqüente formação da Base de Dados com a possibilidade de extração desses dados numa forma tabular passível de ser manipulada por um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (SGBDR), elaborou-se um programa de computador, ou melhor, uma interface que permita uma fácil comunicação do usuário com o modelo geométrico que serve de base gráfica para o projeto de edificações.

Para que esse programa fosse de aplicação imediata dentro de uma tarefa de projeto usual, optou-se por usar uma linguagem de programação que já permitisse uma entrada e uma saída gráfica cujos usuários projetistas já estivessem habituados a lidar.

Poderia ser utilizado um programa de SIG diretamente em cima do projeto de edificações ou, como será apresentado mais adiante, incorporar pelo menos essas facilidades de gerenciamento de informações nos programas de CAD.

Seguindo a orientação sugerida por (AREF e SAMET, 1991) sobre a manutenção de Dados Espaciais unidos aos dados não espaciais, este trabalho voltou-se para fazer que o próprio modelo se "transforme" numa Base de Dados Espacial. Isto na realidade significa aproveitar a estrutura pré-existente e a capacidade já prevista para realizar isso de uma forma experimental simples

As relações e os vínculos, permanecendo dentro do próprio modelo permitem o uso das ferramentas de edição e manipulação do programa origem, e também torna mais compacto e direto o gerenciamento das informações

Usou-se um programa comercial como base por que a sua estrutura é conhecida, e pelas capacidades - programação e manipulação da estrutura de Dados Espaciais dos objetos por ele gerados.

5.1 Esquema do Sistema

A "transformação" modelo em Base de Dados se apoia na Estrutura de Dados de Definição da Entidade com Dados Associados (4.1.18), e o Sistema precisava operar com Entidades de Projeto (4.1.14), que por sua vez são modelos constituídos de Entidades Complexas (4.1.15). Estas Entidades Complexas, portanto, são a base sobre as quais se vão associar dados de interesse as análises previstas no Sistema.

A estrutura dos elementos do programa se apresentou num primeiro momento dessa forma:

Objetos	Relação	Análise
• Compartimentos • Vãos • Volumes • Pontos	• Pertinência	• Quantidade • Localização • Comunicação

Os Objetos são aquelas Entidades Complexas com Dados Associados, a Relação é um aspecto espacial que surge do próprio fato de que o Objeto está presente num espaço limitado por outros Objetos, e a Análise neste mesmo fato ressaltando aspectos diferentes – individualidade ou simples existência, ocupação de uma parcela do espaço e interferência espacial entre objetos.

Esta estrutura foi escolhida com a finalidade de se adaptarem aos elementos dos Banco de Dados do tipo Entidade-Relação (E-R), onde as entidades são os compartimentos (quarto, sala, banheiro, circulação, etc.), vãos (portas, janelas, passagens, etc.), volumes internos (mobiliário, divisórias móveis, equipamentos, etc.) e pontos (iluminação, energia, abastecimento de água e gás, coleta de esgoto, etc) e a relação é de pertinência (contém ou está contido em) que após serem analisados pudessem retornar uma resposta típica de uma consulta espacial (quantidade, localização e comunicação).

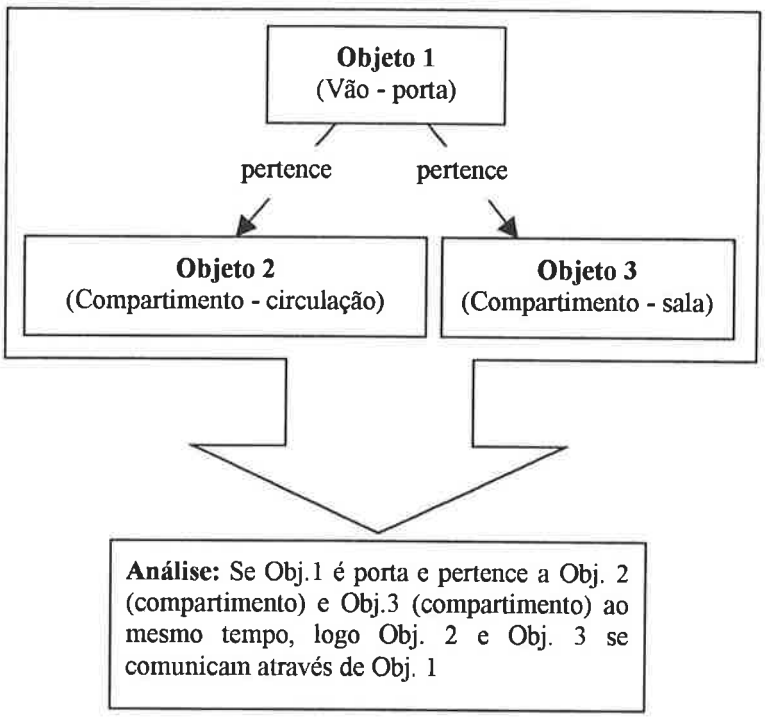


Figura 5 – Análise feita a partir dos Objetos modelados com Dados Associados

Apesar do esquema inicial contar com os quatro objetos citados a implementação deteve-se somente o primeiro (compartimentos) por se tratar do mais abrangente. Os vãos também foram contemplados mas sem um tratamento especial, ou seja uma interface própria para entrada de dados. Isto foi possível porque a estrutura interna é igual (volume modelado pela área da base - polyline, e a indicação da terceira dimensão pela altura, e nível da base) Isto não atrapalhou a generalidade da proposta já que a implementação do outros objetos nada mais são do que subcapítulos desses que foram implementados.

Os compartimentos foram modelados como uma poligonal fechada através de uma Polyline (Entidade Complexa) em duas dimensões, ou seja os limites no plano horizontal.

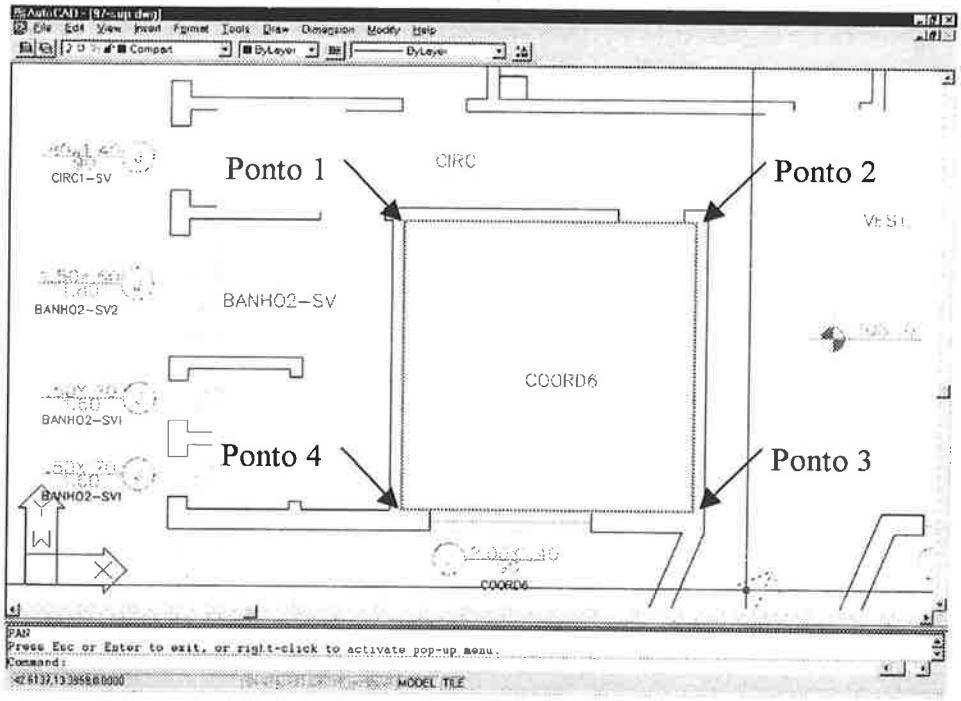


Figura 6 - Modelagem dos Compartimentos

5.2 AutoLISP / AutoCAD

Um dos programas de CAD mais utilizados no mercado é o AutoCAD, especialmente em se tratando de escritórios de pequeno porte. Sua sistemática de trabalho já é bem conhecida dos profissionais da área, ainda que não cubra todas as necessidades emergentes, em outras palavras: é possível encontrar programas que oferecem mais possibilidades de manipulação de desenhos, de objetos em três dimensões, desenho paramétrico e especializado, mas mesmo tendo essas características, esses programas não conseguiram ter um público amplo quer seja pela sua complexidade em termos de uso em si, quer seja em termos de troca de dados com outros profissionais (que usam programas tradicionais),ou mesmo pela falta de assistência técnica.

Além da popularidade o AutoCAD, desenvolvido pela AutoDesk, possui uma linguagem própria de programação, o AutoLISP, e permite o trabalho em conjunto com a também popular linguagem "C". Essa possibilidade fez com que se espalhasse pelo mundo uma rede grande de desenvolvedores de programas para trabalhar em conjunto

com o AutoCAD, em aplicações específicas ou simplesmente melhorando alguma função já incorporada ao programa original.

O AutoLISP é uma linguagem interpretada, ou seja, uma série de funções que dão acesso às entidades e funções do ambiente de trabalho do AutoCAD, que são interpretadas pelo próprio programa enquanto ele está ativo na memória. Já o trabalho em conjunto com a linguagem "C" é um tanto diferente já que é um outro programa compilado que está "rodando" ao mesmo tempo que o AutoCAD que se comunica com este através de funções inseridas dentro da sua estrutura por meio de uma biblioteca fornecida pela AutoDesk.

O AutoLISP tem algumas desvantagens: é mais lento já que a cada momento que se reinicia o seu uso tem que ser compilado, e seu acesso a memória não é tão eficiente quanto o "C", além de se limitar às funções projetadas permitidas pela AutoDesk, mas em compensação é mais fácil para os que não estão muito habituados com o ambiente das linguagens de programação, como são os projetistas de edificações que desejam aumentar o rendimento do seu trabalho ou tornar algum procedimento de trabalho repetitivo e maquinal, algo automático através de programas de computador. (THOMAS, 1994)

Para desenvolver esse programa optou-se pelo AutoLISP justamente pelo concluído acima: se trata de tornar possível, e de certa forma automática, a associação de entidades do desenho, sem a preocupação imediata com a rapidez do processamento dessas informações.

Não bastaria simplesmente associar Dados Estendidos às Entidades Geométricas, ou Entidades Complexas já que esta tarefa representa só uma condição básica, ou seja, isso incrementa o número de dados aos quais se pode acessar dependendo da aplicação posterior. Além disso são necessárias ferramentas de edição e controle dos dados e das entidades que receberam dados estendidos.

Portanto, para que o exemplo pudesse ser mais completo, ainda que se admitam muitos acréscimos que poderão facilitar o uso, estruturou-se o programa em dois módulos básicos:

- Módulo de geração de entidades com dados associados - COMPART.LSP que trabalha em conjunto com o USO.LSP
- Módulo de visualização extração, edição e relacionamento das entidades com dados associados - RELCMP.LSP que trabalha em conjunto com o EDICMP.LSP, ATRIB.LSP, RELAC.LSP, VERCMP.LSP.

Para cada um dos módulos, funções externas auxiliares foram conjugadas afim de criar uma estrutura independente que pode ser usada em aplicações relacionadas.

- Funções de manipulação de entidades complexas, em especial Polylines - MEXEPOLI.LSP
- Funções de uso freqüente ao longo dos módulos básicos - GERAIS.LSP

O estudo percorreu o seguinte sumário:

AutoLISP

- variáveis
- funções - definição de funções modulares
- entrada e saída
- consulta a banco de dados do desenho
- criação de entidades
- análise e complementação de dados da entidade
- modificação e atualização do banco de dados
- seleção filtrada
- operações com comandos do editor gráfico
- operações de saída para arquivo

Dialog Control Language (DCL)

- definição dos campos - diagramação das janelas
- janelas em "cascata"
- interatividade: desenho x janela de diálogo

A escolha da estrutura fundamental levou então a algumas decisões sobre como o programa poderia trabalhar esses conceitos, para tanto foi necessário empreender:

- escolha dos tipos de entidades que permitam manipulação: polylines
- criação de interface para criação das entidades com dados complementares
- associação à criação de elementos auxiliares ao desenho técnico - cotas, especificações
- criação de interface de visualização e levantamento de quantitativos das entidades criadas com dados complementares (extended data).
- associação à interface de visualização de função de saída para arquivo num formato facilmente aceitável por outros programas de análise de dados.
- ao longo do programa - uma forma simples e eficiente de comunicação com o usuário. Verificação de erros e inconsistências.

5.3 Escolha dos de dados estendidos

Os dados estendidos se fixaram em dois grupos: Dados Espaciais e os não espaciais. Essa divisão ocorreu por conta de que a aplicação poderia abrir uma possibilidade de simplificação da representação dos Dados Espaciais onde, por exemplo, recorrendo à representação em duas dimensões (como foi o caso implementado) esta pudesse conter informações sobre a terceira dimensão, facilitando sobremaneira a entrada de dados e possibilitando análises espaciais mais profundas (STRASSER, 1993).

Dados Estendidos não espaciais:

Identificação através de um Código (dado distinguidor), e tipificação através de um Uso ou função (dado agregador), associados ao cabeçalho da Polyline.

Dados Estendidos espaciais:

Altura e Nível da entidade, associados aos pontos da Polyline.

5.4 Entrada de Dados - Compart.lsp e Uso.lsp

O programa de entrada de dados (Compart.lsp) é o que faz com que as Polylines sejam criadas no mesmo momento em que recebem a associação dos Dados Estendidos. Para isso é preciso garantir que esses dados não sofram alteraçõesdevido a falhas na entrada, já que a elas se fará referência continuamente durante as aplicações qualquer erro ou descuido seria fatal.

A janela de diálogo verifica a consistência dos dados antes de permitir a marcação dos pontos da Polyline (Figura 7), e ajuda a ter uma idéia dos usos existentes (Figura 8) que podem ser aproveitados evitando redundâncias ou exageros.

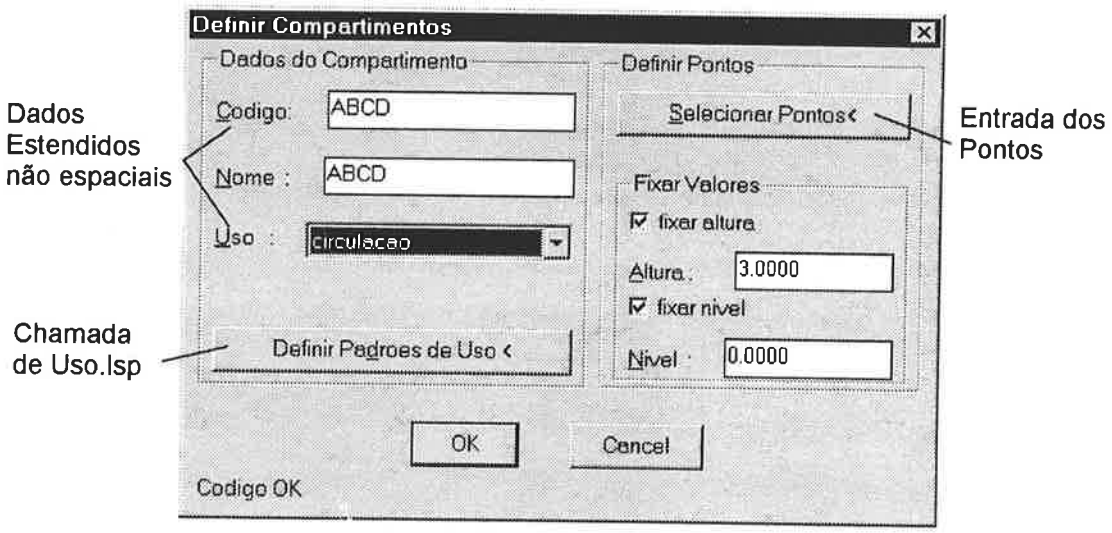


Figura 7 – Janela de Entrada de Dados dos Compartimentos (e vãos) – Compart.lsp

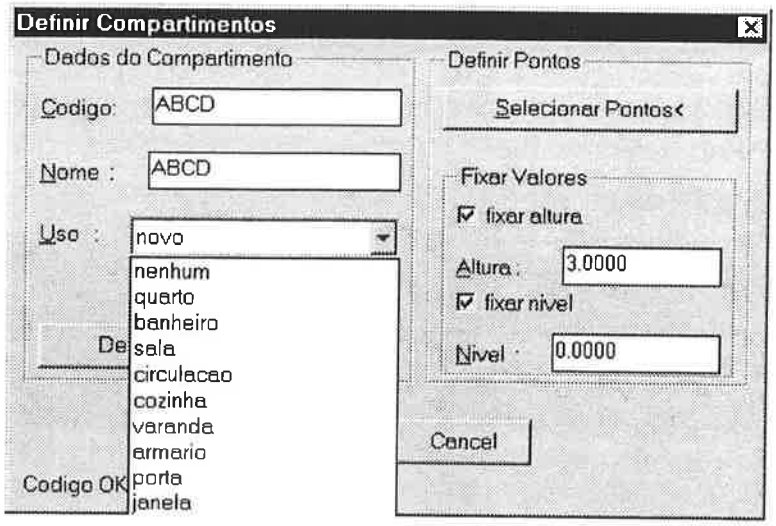


Figura 8 – Amostra de Usos possíveis – controla-se a equivalência evitando ambigüidades

Além dos usos existentes podem ser criados outros usos, e para isso agregado ao Compart.lsp está o Uso.lsp (Figura 9) que procura garantir a coerência na criação dos novos usos e evitar a repetição desta mesma tarefa ao longo de projetos diferentes.

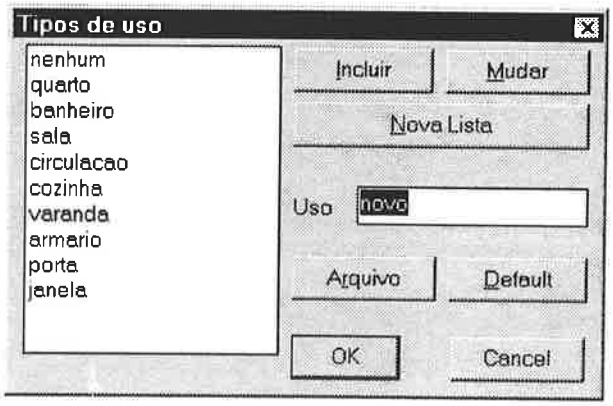


Figura 9 – Janela de Edição de Usos – Uso.lsp

5.5 Visualização e seleção das entidades com dados estendidos – Relcmp.lsp

Depois que os dados são associados a sua manipulação tem que ser feita através de uma interface já que estes dados permanecem "escondidos" na Estrutura Descritiva das Entidades criadas com o Compart.lsp.

O Relcmp.lsp procura só aquelas entidades com dados associados, filtrando a seleção para ser mais eficiente. Essa filtragem se dá em duas fases: a fase visual, onde o usuário escolhe uma área do projeto através do editor gráfico selecionando já nesta fase só algumas entidades, e a fase dos critérios onde, através de critérios de código e uso, o programa compara as entidades com Dados Estendidos com estes critérios e seleciona-os ou descarta-os conforme a opção do usuário.

Essa mesma janela de diálogo agrega chamadas a uma série de outras funções de manipulação que será visto adiante.

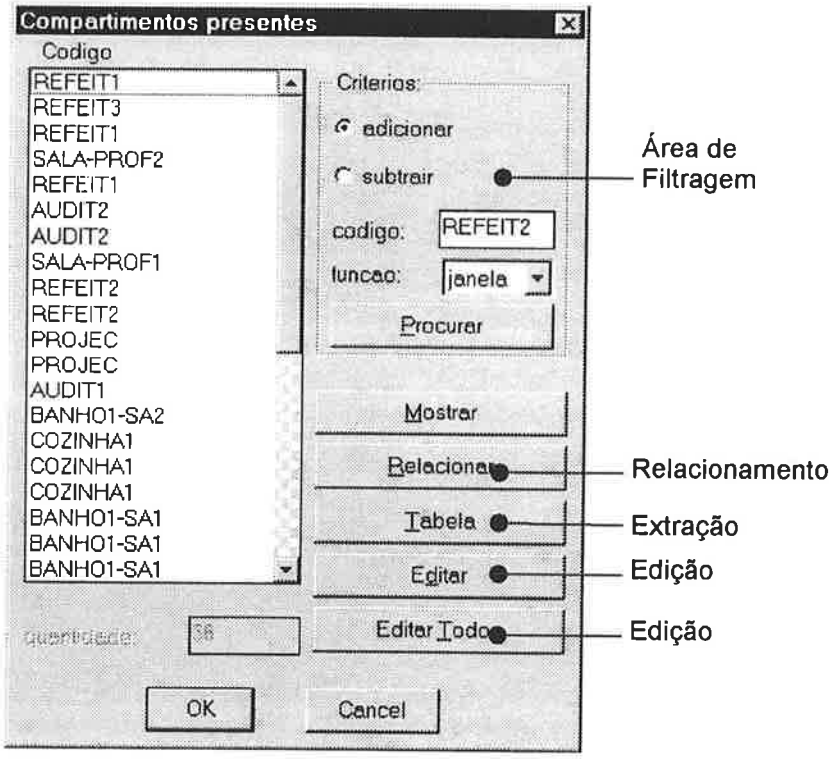


Figura 10 – Janela de Visualização e seleção de Compartimentos com chamadas às funções de procura visual, relacionamento, extração de dados, edição de entidades selecionadas – Relcmp.lsp

5.6Procura visual das entidades com dados estendidos – Vercmp.lsp

A primeira função agregada é uma procura visual, incorporada ao módulo de visualização, esta função procura a entidade no editor gráfico aproximando o campo visual até que se possa examinar a entidade de uma forma confortável, dando assim uma resposta a seleção feita.

5.7 Edição de Dados - Relcmp.lsp - Editcmp.lsp

A segunda função agregada ao Relcmp.lsp é a edição das entidades selecionadas. Através dessa função se pode corrigir ou melhorar a associação feita na fase de construção da entidade (Compart.lsp).

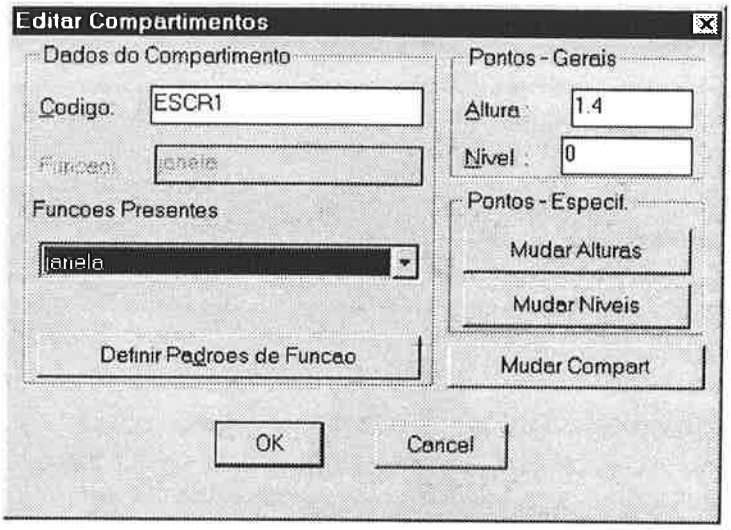
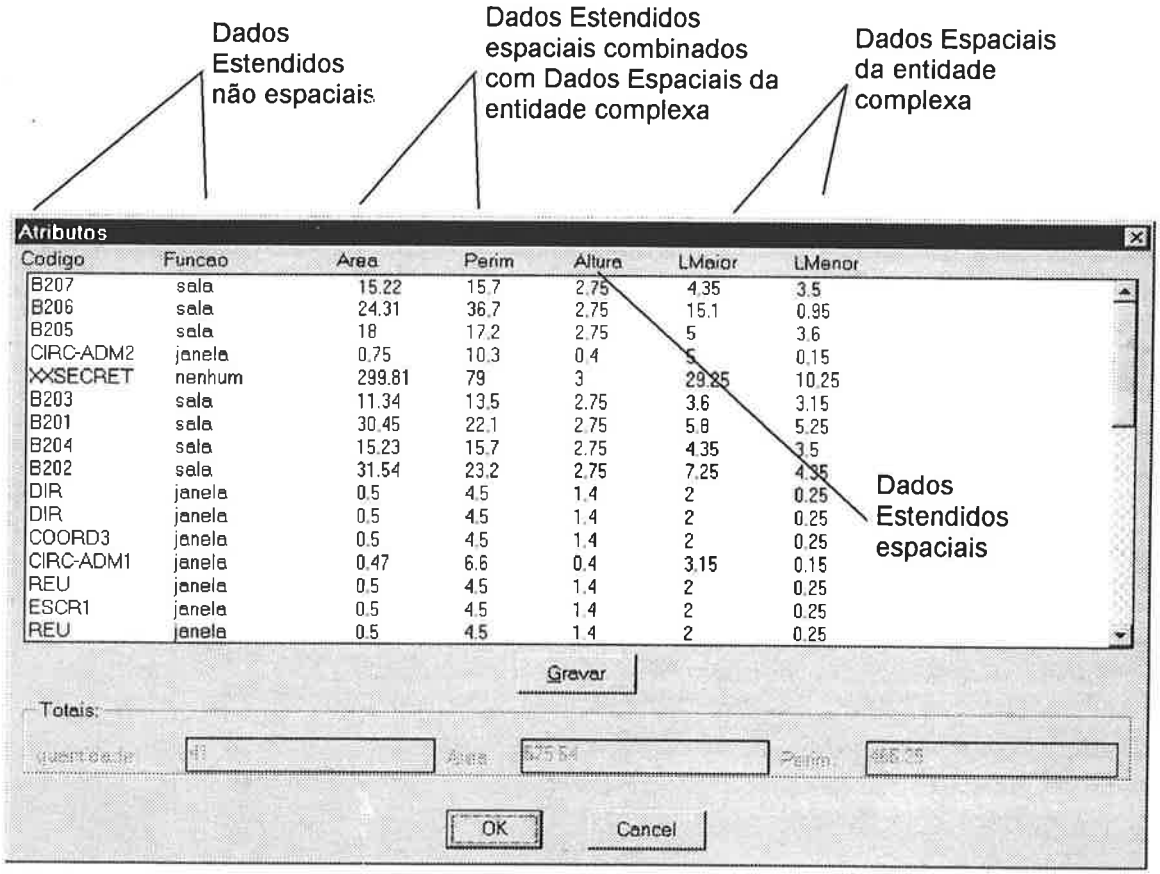


Figura 11 – Janela de edição de entidades selecionadas – Editcmp.lsp

5.8 Extração de Dados (formato tabular)- Relcmp.lsp - Atrib.lsp

A terceira função agregada ao Relcmp.lsp é a de extração de dados. Aqui se pode Ter uma noção quantitativa e da distribuição dos dados associados ao longo da seleção feita no Recmp.lsp, podendo, se necessário extrair (gravar) esses dados para serem usados em outros programas.



Codigo	Funcao	Area	Perim	Altura	LMaior	LMenor
B207	sala	15.22	15.7	2.75	4.35	3.5
B206	sala	24.31	36.7	2.75	15.1	0.95
B205	sala	18	17.2	2.75	5	3.6
CIRC-ADM2	janela	0.75	10.3	0.4	5	0.15
XXSECRET	nenhum	299.81	79	3	29.25	10.25
B203	sala	11.34	13.5	2.75	3.6	3.15
B201	sala	30.45	22.1	2.75	5.8	5.25
B204	sala	15.23	15.7	2.75	4.35	3.5
B202	sala	31.54	23.2	2.75	7.25	4.35
DIR	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25
DIR	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25
COORD3	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25
CIRC-ADM1	janela	0.47	6.6	0.4	3.15	0.15
REU	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25
ESCR1	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25
REU	janela	0.5	4.5	1.4	2	0.25

Figura 12 – Janela de extração de dados – Atrib.lsp

5.9 Relações - Relcmp.lsp - Relac.lsp

A última função agregada é a de verificação de relações entre as Entidades com Dados Associados. Esta função forma uma lista com as entidades selecionadas e outra que mostra as entidades relacionadas às selecionadas. Também aqui se pode gravar esta lista para uso futuro.

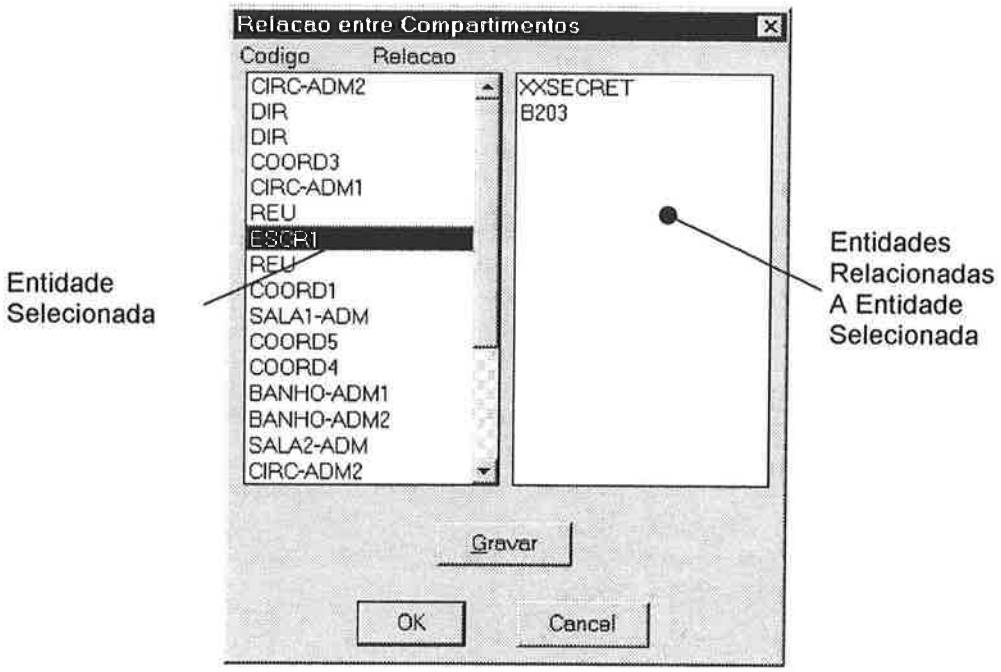


Figura 13 – Janela de verificação de relações (interferências ou pertinência) – Relac.lsp

6 Aplicação do Sistema Proposto

6.1Definição do Problema - quantificação e verificação

Tendo em conta que o objetivo é experimentar o Sistema Proposto sem objetivar o esgotamento da capacidade dessa abordagem, aplicou-se o Sistema no apoio a uma tarefa simples de quantificação, especificação e localização (baseada na pertinência ao compartimentos) das janelas de um projeto real.

6.1.1 Descrição do exemplo:

Quantificar as janelas agrupando-as por tipo de abertura e medidas (altura x largura) indicando a quantidades separadamente depois dessa classificação, em seguida relatar onde as janelas classificadas estão presentes.

Os dados geométricos base provém da planta-baixa com paredes portas e janelas já dimensionadas e localizadas (figura 14).

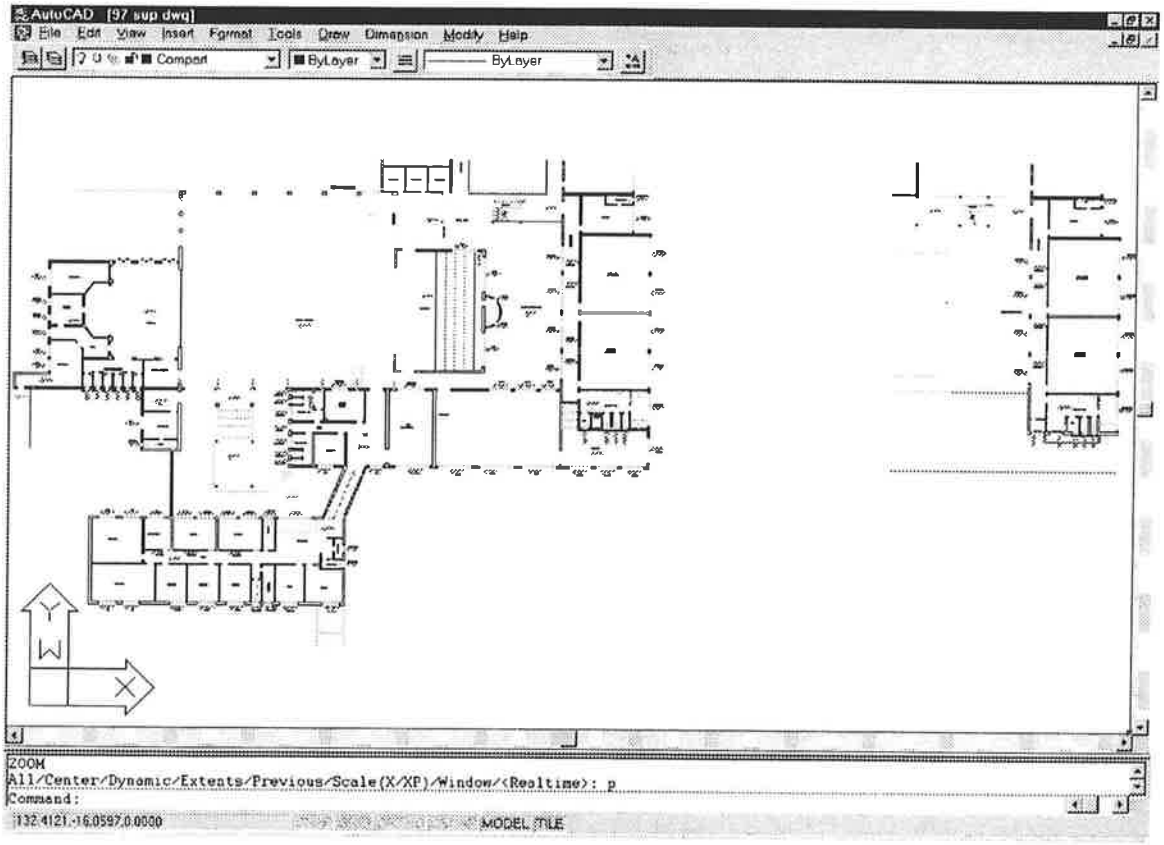


Figura 14 – Planta-Baixa – Projeto ao qual foi aplicado o Sistema

6.2 Agrupamento - por tipo acrescido por outro usuário

Usando o Compart.lsp forma feitas todas as janelas e compartimentos do projeto com os Dados Associados. Em seguida extraiu-se uma lista selecionando só as entidades com os dados de uso "janela" e trabalhou-se numa planilha acrescentando o tipo de abertura (ABERT) e em seguida classificou-se pelas dimensões e aberturas aplicando então um nome (NOMECOMPL).

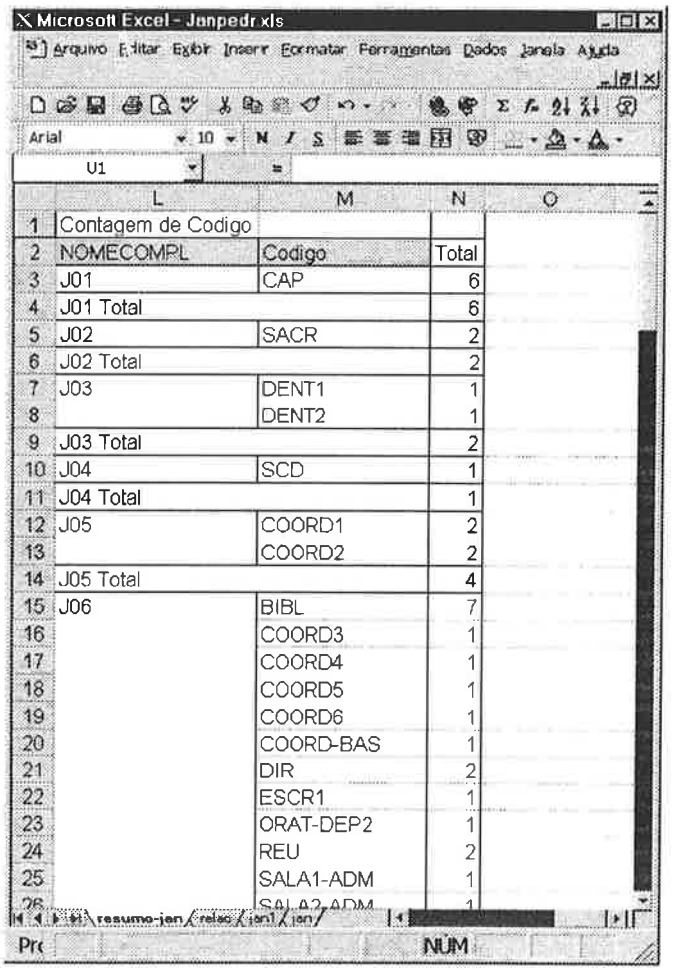
Microsoft Excel - Janpedr.xls

	A	B	D	E	F	G	H	I	L
1	Desenho	Codigo	Area	Perimetro	Altura Media	Lado Maior	Lado Menor	ABERT	NOMECOMPL
2	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,25	2,5	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
3	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,5	4,5	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
4	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,45	6,3	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
5	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,92	12,6	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
6	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,45	6,3	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
7	C:\PEDR\97-SUP	CAP	0,75	6,5	1,6	0,8	0,15	AB-2/BS-1	J01
8	C:\PEDR\97-SUP	SACR	1	8,5	0,6	1,5	0,25	CR-2	J02
9	C:\PEDR\97-SUP	SACR	1	8,5	0,6	1,5	0,25	CR-2	J02
10	C:\PEDR\97-INF	DENT1	0,2	2,1	1,2	1,5	0,25	CR-2	J03
11	C:\PEDR\97-INF	DENT2	0,1	1,3	1,2	1,5	0,25	CR-2	J03
12	C:\PEDR\97-SUP	SCD	0,12	1,9	1,4	1,5	0,25	CR-2	J04
13	C:\PEDR\97-SUP	COORD1	0,12	1,9	1,4	1,95	0,25	CR-2/BS-2	J05
14	C:\PEDR\97-SUP	COORD1	0,12	1,9	1,4	1,95	0,25	CR-2/BS-2	J05
15	C:\PEDR\97-SUP	COORD2	0,12	1,9	1,4	1,95	0,25	CR-2/BS-2	J05
16	C:\PEDR\97-SUP	COORD2	0,38	4,38	1,4	1,95	0,25	CR-2/BS-2	J05
17	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,1	1,3	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
18	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,15	1,7	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
19	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,15	1,7	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
20	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,37	3,5	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
21	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,2	2,1	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
22	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,1	1,3	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
23	C:\PEDR\97-INF	BIBL	0,2	2,1	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
24	C:\PEDR\97-SUP	COORD3	0,2	2,1	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06
25	C:\PEDR\97-SUP	COORD4	0,2	2,1	1,4	2	0,25	CR-2/BS-2	J06

Figura 15 – Planilha Resultante da extração dos dados do projeto e acrescentadas os campos ABERT e NOMECMPL

6.3 Quantificação das janelas

Uma vez que a tabela das janelas estava completa foi necessário somente aplicar uma função de contagem da própria planilha para determinar os totais referentes aos nomes dados, que podem incluir (Figura 16 - código) ou não os itens extraídos.

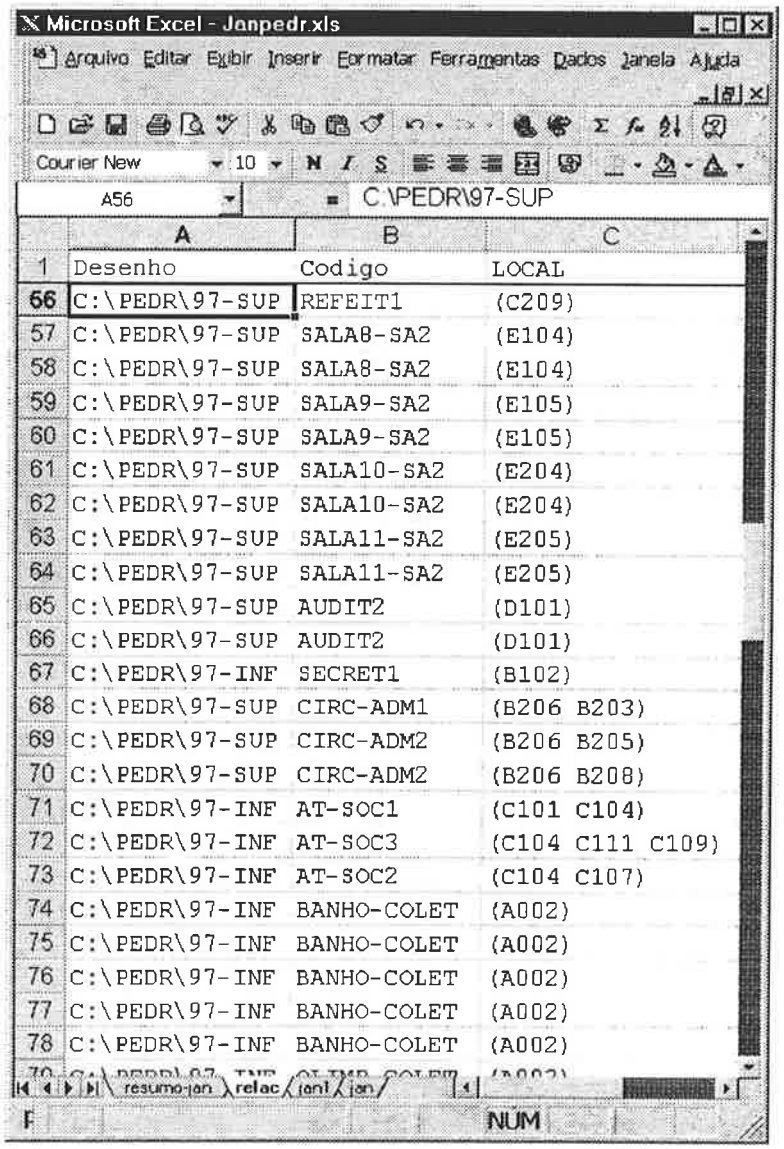


	L	M	N
1	Contagem de Codigo		
2	NOMECOMPL	Codigo	Total
3	J01	CAP	6
4	J01 Total		6
5	J02	SACR	2
6	J02 Total		2
7	J03	DENT1	1
8		DENT2	1
9	J03 Total		2
10	J04	SCD	1
11	J04 Total		1
12	J05	COORD1	2
13		COORD2	2
14	J05 Total		4
15	J06	BIBL	7
16		COORD3	1
17		COORD4	1
18		COORD5	1
19		COORD6	1
20		COORD-BAS	1
21		DIR	2
22		ESCR1	1
23		ORAT-DEP2	1
24		REU	2
25		SALA1-ADM	1

Figura 16 –Contagem dos nomes atribuídos aos códigos que foram extraídos do projeto

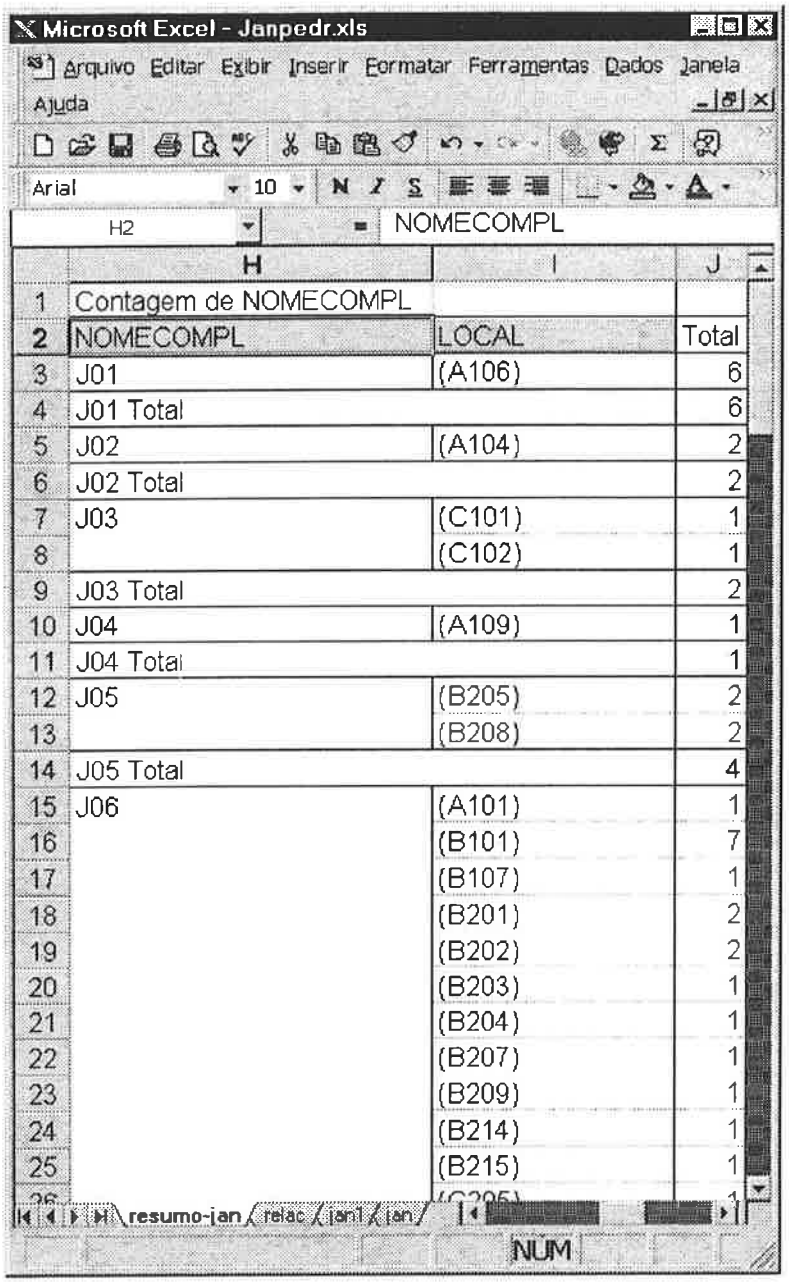
6.4 Relação de janelas a locais

Voltando ao projeto selecionou-se novamente as janelas verificando-se as relações destas com os compartimentos , extraindo uma nove tabela (Figura 17) que depois do mesmo procedimento de quantificação relatado anteriormente, organizou-se então a contagem dos nomes atribuídos às janelas relacionando-os aos respectivos compartimentos (Figura 18).



	A	B	C
1	Desenho	Codigo	LOCAL
56	C:\PEDR\97-SUP	REFEIT1	(C209)
57	C:\PEDR\97-SUP	SALA8-SA2	(E104)
58	C:\PEDR\97-SUP	SALA8-SA2	(E104)
59	C:\PEDR\97-SUP	SALA9-SA2	(E105)
60	C:\PEDR\97-SUP	SALA9-SA2	(E105)
61	C:\PEDR\97-SUP	SALA10-SA2	(E204)
62	C:\PEDR\97-SUP	SALA10-SA2	(E204)
63	C:\PEDR\97-SUP	SALA11-SA2	(E205)
64	C:\PEDR\97-SUP	SALA11-SA2	(E205)
65	C:\PEDR\97-SUP	AUDIT2	(D101)
66	C:\PEDR\97-SUP	AUDIT2	(D101)
67	C:\PEDR\97-INF	SECRET1	(B102)
68	C:\PEDR\97-SUP	CIRC-ADM1	(B206 B203)
69	C:\PEDR\97-SUP	CIRC-ADM2	(B206 B205)
70	C:\PEDR\97-SUP	CIRC-ADM2	(B206 B208)
71	C:\PEDR\97-INF	AT-SOC1	(C101 C104)
72	C:\PEDR\97-INF	AT-SOC3	(C104 C111 C109)
73	C:\PEDR\97-INF	AT-SOC2	(C104 C107)
74	C:\PEDR\97-INF	BANHO-COLET	(A002)
75	C:\PEDR\97-INF	BANHO-COLET	(A002)
76	C:\PEDR\97-INF	BANHO-COLET	(A002)
77	C:\PEDR\97-INF	BANHO-COLET	(A002)
78	C:\PEDR\97-INF	BANHO-COLET	(A002)

Figura 17 – Tabela de relações extraídas do projeto



	H	I	J
1	Contagem de NOMECOMPL		
2	NOMECOMPL	LOCAL	Total
3	J01	(A106)	6
4	J01 Total		6
5	J02	(A104)	2
6	J02 Total		2
7	J03	(C101)	1
8		(C102)	1
9	J03 Total		2
10	J04	(A109)	1
11	J04 Total		1
12	J05	(B205)	2
13		(B208)	2
14	J05 Total		4
15	J06	(A101)	1
16		(B101)	7
17		(B107)	1
18		(B201)	2
19		(B202)	2
20		(B203)	1
21		(B204)	1
22		(B207)	1
23		(B209)	1
24		(B214)	1
25		(B215)	1

Figura 18 – Contagem e organização dos nomes atribuídos às janelas , conforme o local aos quais eles pertencem.

7 Conclusão

7.1 Vantagens e desvantagens

Possuir uma Base de Dados Espacial fixa e integrada ao modelo visual é a garantia de unidade e resposta visual às questões espaciais

A partir desta base, podem-se criar funções muito variadas conforme as que foram mostradas aqui.

Ainda que em princípio a tarefa de formação da Base de Dados é um trabalho adicionado à modelagem do projeto isso só é necessário fazer uma vez e ainda se pode associar a tarefas que seriam necessárias com a cotagem.

Apesar de não experimentar a aplicação em um ambiente colaborativo computacional o fato de destacar informações de projeto sem interferir diretamente na sua elaboração e também garantir a atualização imediata dos acréscimos a Base de Dados, fornecem uma ferramenta poderosa de disponibilização de dados em qualquer ambiente de trabalho, permitindo afirmar que se adapta muito bem ao ambiente colaborativo.

Uma clara desvantagem desta implantação é a fragilidade das entidades criadas, ou seja, por um descuido podem-se perder as informações associadas, ainda que existam meios de se evitar esses acidentes, mas estes meios tornam a edição normal pouco prática.

7.2 Dificuldades Encontradas

AutoLISP é uma linguagem difícil de compreender e de trabalhar, os manuais tem bastantes informações porem um pouco desorganizadas e não existe um socorro interativo nem na elaboração nem no uso do programa. Muitas coisas simples podem se tornar complicadas se não se possui um certa traquejo no seu uso.

O AutoCAD como se baseia em coordenadas (EGENHOFER et alli, 1989) que dependem da precisão do - problemas de interseção, surgiram erros inexplicáveis na hora de fazer a seleção no editor.

7.3 Possibilidades Futuras

Incluir os outros elementos: pontos e volumes e fazer verificações com Instalações e Estruturas.

Aplicar depois da análise um retorno ao editor gráfico tendo como resultado por exemplo, desenhos de detalhamento e modelagens em três dimensões.

Preparar os dados para entrada de programas de análise mais profundas de simulação, como por exemplo iluminação e refrigeração de ambientes.

Auxiliar a transformação de qualquer dado associado em uma informação apresentada no editor gráfico

Trabalhar em conjunto com um sistema maior de orçamento ou avaliação de desperdícios (levantando quantitativos de projeto para comparar aos dados de campo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREF, Walid G.; SAMET, Hanan. *Extending a DBMS with Spatial Operations.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases . Springer-Verlag, 1991. ed. Oliver Günter, Hans-Jörg Sheck. v. 525, pp. 299 - 318. 2nd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'91, Zurich, 1991, Proceedings.

AUTODESK. *ADS - Advanced Development System - Programer 's Reference AutoCAD R12.* Manual (1993

AUTODESK. *ASI - AutoCAD SQL Interface - Advanced Tools - AutoCAD R12.* Manual (1993

AUTODESK. *AutoCAD Data Extension, User's Guide - AutoCAD R12.* Manual (1993

AUTODESK. *AutoLisp Reference - AutoCAD R12.* Manual (1993

AUTODESK. *Programmable Dialogue Boxes - Advanced Tools - AutoCAD R12.* Manual (1993

BATORY, D. S.; LEUNG, T. Y.; WISE, T. E. *Implementations concepts for an extensible data model and data language.* ACM Transactions on Database Systems. V. 13(3). pp. 231-262, September 1990.

CAREY, M.; DEWITT, D.; GRAEFE, G.; HAIGTH, D.; RICHARDSON, J.; SCHUH, D.; SHEKITA, E.; VANDENBEREG, S. *The EXODUS extensible DBMS project: AN overview.* Technical Report 808, University of Wisconsin. Madison, WI, November 1988.

CHAPUIS, Florencia. *A difusão de sistemas CAD em escritórios de arquitetura.* Dissertação de mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Rio de Janeiro, 1995. 165 p.

CHENG, N.; KVAN, T. et alli. *Place Time and the Virtual Design Studio.* Proceedings of ACADIA Conference 1994.

CLEMENTINI, Eliseo; FELICE, Paolino Di; OOSTEROM, Peter van. *A Small set of Formal Topological Relationships Suitable for End-User Interaction.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1993. ed. David Abel, Beng Chin Ooi. v. 692, pp. 277 - 295. 3rd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'93 Singapore, 1993, Proceedings.

CUFF, D. *Architecture; the story of practice.* Cambridge: MIT Press, 1991.

Department of Administrative Services, Facilities Division, City of Seattle. *The CAD Management Project.* Página da Internet: Relatório de Projeto em andamento

DATE, C. J. *An Introduction to Database Systems* . ed. 5. USA, Addison Wesley, 1976.

EGENHOFER, Max J.; FRANK, Andrew U.; JACKSON, Jeffrey P. *A Topological Data Model for Spatial Databases.* In: Lecture notes in Computer Science. Design and Implementation of Large Spatial Databases. Springer-Verlag, 1989. ed. A. Buchmann, Oliver Günter, T. R. Smith, Y-F. Wang. v. 409 pp. 271 - 286. First Symposium on Large Spatial Databases, SSD'89, Zurich, 1989, Proceedings

ENGST, Adam C. *Internet Starter Kit* . ed. 2. Hayden Books, USA, 1994.

FRANK, Andrew U. *Properties of a Geographic Data: Requirements for Spatial Access Methods.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1991. ed. Oliver Günter, Hans-Jörg Sheck. v. 525, pp. 225 - 239. 2nd Symposium on Large Spatial Databases, Zurich, 1991, Proceedings.

FRATARCANGELI Claudio. *Technique for Universal Quantification in SQL.* n. 3. Sigmod Record 20 (3), September, 1991. pp.16-24.

GAY, Gery; LENTINI, Marc. *Use of Communication Resources in a Networked Collaborative Design Environment.* Página da Internet The Interactive Multimedia Group, Cornell University. Journal of Computer-Mediated Communication. 1(1). Los Angeles: Annenberg School for Communication (Distributor

GÜTING, Ralf Hartmut. *Gral: An extensible relational system form geometric applications.* In: Proceedings of the 15th International Conference on Very Large Databases (VLDB). pp. 33-44, Amsterdam, 1989.

GÜTING, Ralf Hartmut. *An Introduction to Spatial Database Systems.* Special Issue on Spatial Database Systems, VLDB. Journal 3 (1994). pp. 357 - 399.

HAAS, L. M.; CHANG, W.; LOHMAN, G. M.; MCPERSON, J.; WILMS, P.F.; LAPIS, G. LINDSLAY, B.; PIRAHESH, H.; CAREY, M. J.; SHEKITA, E. *Starburst mid fight: As the dust clears.* IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. V. 2(1). pp. 143-160, March 1990.

HARALICK, Robert M. *A Spatial Data Structure for GIS.* Map data processing. USA, Academic Press, 1980. pp. 63 - 99.

HARRISON, S.; MINNEMAN, S. *The Media Space: a research project into the use of video as design medium.* reprinted in R. Baecker, Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work. San Mateo: Morgan Kaufman Publishers, 1993. Proceedings of the Conference on Participatory Design, 1990.

HOLLAND, J.; STORNETTA, S. *Beyond Being There.* reprinted in R.Baecker, ed. Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work. San Mateo: Morgan Kaufman Publishers, 1993. ACM 0-8791-513-5/92/0005-0119

HUXHOLD, William E. *An Introduction to Urban Geographic Information Systems.* Oxford University Press, 1991.

JO, H. Hyeon; PARSAEI, Hamid R.; SULLIIVAN, William G. *Principles of Concurrent Design.* In: Concurrent Engineering . London, Chapman & Hall, 1993. ed. Hamid Parsaei and William G. Sullivan., pp.

KALISPERIS, L. N.; GRONINGER, R. L. *CADD Utilization in the Architectural Design Process: Implications for Computer Integration in Practice.* Journal of Architectural and Planning Research. 11:2, 1994.

KIM, Won; GARZA, Jorge; KESKIN, Ali. *Spatial Data Management In Database Systems: Research Directions.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1993. ed. David Abel, Beng Chin Ooi. v. 692, pp. 1 -13. 3rd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'93 Singapore, 1993, Proceedings.

KIM, Won. *Introduction to Object Oriented Database.* USA, MIT Press, 1990.

KLINGER, Allen; PIZANO, Arturo. *Visual Structure and Databases.* Visual Database Systems. Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland, 1989. ed. T. L. Kunii. pp. 3 - 25. .

KOLOVSON, Curtis P.; NEIMAT, Marie-Anne; POTAMIANOS, Spyros. *Interoperability of Spatial and Attribute Data Managers: A Case Study.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1993. ed. David Abel, Beng Chin Ooi. v. 692, pp. 240 - 263. 3rd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'93 Singapore, 1993, Proceedings.

KRIEGEL, Hans-Peter; BRINKHOFF, Thomas; SCHNEIDER, Ralf. *The Combination of Spatial Database Access Methods and Computational Geometry in Geographic Database Systems.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1991. ed. Oliver Günter, Hans-Jörg Sheck. v. 525, pp. 5 - 21. 2nd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'91, Zurich, 1991, Proceedings.

KVAN, Thomas. *Reflections on computer-mediated architectural design.* Special Issue on Electronic Interaction IEEE. Transactions on Professional Communications. December 1994.

KVAN, Thomas. *Fruitful exchanges: Professional Implications for Computer-mediated design.* Presented at CAAD Futures,1995

LARUE, Thierry; PASTRE, Dominique; VIÉMONT, Yann. *Strong Integration of Spatial Domains and operators in a Relational Database System.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1993. ed. David Abel, Beng Chin Ooi. v. 692, pp. 53 - 72. 3rd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'93 Singapore, 1993, Proceedings.

LASEAU, Paul. *La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores (Graphic Thinking for Architects and Designers)* . Tradução para o castelhano de Iris Menéndez. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1982.

LAWSON, B. *How Designers Think.* London: Architectural Press, 1980.

LEWIS, B. J.; SHEA, G. P.; KVAN, T. *Managing Change in the Design Process Caused by Implementation of CADD in Consulting Engineering Firms, Proceedings.* Proceedings, Consulting Engineering Conference, Toronto, October 1990.

LU, Hongjun.; OOI, Beng Chin; D'SOUZA, Ashvin; LOW, Chee Chin. *Storage Management in GIS.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1991. ed. Oliver Günter, Hans-Jörg Sheck. v. 525, pp. 451 - 470. 2nd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'91, Zurich, 1991, Proceedings.

MAHER, Mary Lou; SMINOFF, Simeon; CICOCNANI, Anna. *The Potential and Current Limitations in a Virtual Design Studio.* University of Sydney.

MEDEIROS, Cláudia Bauzer; JOMIER, Geneviève. *Using Versions in GIS.* In: Lecture notes in Computer Science. . Springer-Verlag, 1994. . v. 856, pp. 456 - 474. 5th International Conference on Database and Expert Systems Applications DEXA'94, Greece, 1994, Proceedings.

MEDLAND, A. J. *The computer based design.* ed. 2. London, Chapman and Hall, 1992.

MONTGOMERY, Glenn E.; SCHUCH, Harold C. *GIS Data Conversion Handbook.* USA, GIS World, 1993.

NIEVERGELT, Jurg. *7+2 Criteria for Assessing and Comparing Spatial Data Structures.* In: Lecture notes in Computer Science. Design and Implementation of Large Spatial Databases. Springer-Verlag, 1989. ed. A. Buchmann, Oliver Günter, T. R. Smith, Y-F. Wang. v. 409 pp. 3 - 27. First Symposium on Large Spatial Databases, SSD'89, Zurich, 1989, Proceedings

PRICE, Robert Tom; GOLENDGIER, Goldstein. *Bancos de dados para aplicações não convencionais.* Buenos Aires, Editorial Kapeluz, 1989.

ROSENBERG. *Dictionary of Computers, Data Processing and Telecommunications.* USA, John Willey & Sons, 1984.

SAEKI, Motoshi; SUREERAT, Saeeiab; YOSHIDA, Kotaro. *Supporting Distributed Individual Work in Cooperative Specification Development.* In: Lecture notes in Computer Science. Information Systems and Data Management. ed. Bhalla Subash. Springer-Verlag, 1995. ed. Bhalla Subash. v. 1006, pp. 232 - 247. 6th International Conference on Information Systems and Management of Data, CISMOD'95, India, 1995, Proceedings

SALZBERG, Betty; LOMET, David B. *Spatial Database Access Methods.* Sigmod Record vol. 20 (3) , September, 1991. pp. 5-15.

SCHEK, H.; WATERFELD, W. *A database kernel system for geoscientific applications.* In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling. pp. 273-288, Seattle, WA, July 1986.

SCHIMITT, Gerhard. *Microcomputer aided design.* New York, John Willey & Sons, 1988.

SETZER, Waldemar W.; KOHN, Fabio. *Introdução a Rede Internet e seu Uso.* Caderno Didático 8, IMEUSP, Brasil, 1995

SHAPIRO, Linda G. *Design of a Spatial Information System.* Map data processing. USA, Academic Press, 1980. pp. 101 - 117.

SOBRACON. *Anais do Seminário sobre Computação Gráfica em A.E.C. (Arquitetura, Engenharia e Construção)* ; São Paulo : Sobracon, 1991.

SPROUL, L.; KIESLLER, S. *Computers, Networks and Work.* Scientific American. September 1991, pp. 116-123.

TAMPER, David A. *Business Data Communications.* ed. 4. California, USA, Benjamin/Cummings, Redwood City, 1994.

TONEBREAKER , M.; ROWE, L. *The design of POSTGRES.* In: Proceedings of the 1986 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. V. 15, pp. 340-355, Washington, DC, May 1986.

TRASSER, Wolfgang. *Constructing 3D Objects from 2D Information.* In: Concurrent Engineering . London, Chapman & Hall, 1993. ed. Hamid Parsaei and William G. Sullivan., pp. 976 - 998

VENSON, Per; ZHEXUE, Huang. *GeoSal A Query Language for Spatial Data Analisys.* In: Lecture notes in Computer Science. Advances in Spatial Databases. Springer-Verlag, 1991. ed. Oliver Günter, Hans-Jörg Sheck. v. 525, pp. 119 - 142. 2nd Symposium on Large Spatial Databases, SSD'91, Zurich, 1991, Proceedings.

THOMAS, Robert M. *AutoCAD Avançado Versão 12.* Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1994.

TONDL, Ladislav. *The Utilization of the Methodology in Implementation of Computer Aided Design.* Design Methods. v. 25, pp. 1342 - 1352, 1991.

TVERSKY, Barbara. *Cognitive Maps, Cognitive Collages and Spatial mental Modes.* In: Lecture notes in Computer Science. . Springer-Verlag, 1993. ed. Andrew U. Frank, Irene Campari. v. 716, pp. 14 - 24. European Conference on Spatial Information Theory a Theoretical Basis for GIS, Italy, 1993, Proceedings.

WOJTOWICZ, J.; DAVIDSON, J.; MITCHELL, J. *Design as Correspondence.* Proceedings of ACADIA Conference, 1992.

WOJTOWICZ, Jerzy. *Virtual Design Studio.* University of Hong Kong Press, Hong Kong, 1994. ed. Jerzy Wojtowicz. ISBN number 962-209-364-7.

ZONIK; STANLEY; BENJAMIN. *Readings in Object Oriented Database Systems.* 1990.