

Marcelo Eduardo Giacaglia

C

CONTINUIDADE TEMPORAL e
UNIDADE ESPACIAL EM
MODELOS DIGITAIS: A BUSCA
DA EFICIÊNCIA DO PROJETO
De CONSTRUÇÕES

RESUMO

Este trabalho introduz os requisitos da continuidade temporal e da unidade espacial, necessários para que se possa eliminar a redundância de informação nos projetos. A redundância de informação, em geral, e no projeto, em especial, além de resultar em maiores custos de manutenção (das cópias), favorece a ocorrência de erros de inconsistência. O requisito da continuidade temporal traduz-se pela capacidade de comunicar o modelo digital entre fases de um projeto e/ou entre diferentes aplicativos de um sistema CAD, sem ambigüidade ou perda de informação e de lidar com a crescente complexidade do projeto. O requisito da unidade espacial traduz-se pela capacidade de manipular o objeto do projeto como um modelo único e de representar, corretamente, os elementos de um projeto em função da vista e escala de apresentação. O sistema CAD ideal deve ser capaz de manipular um modelo único o qual possa ser gradualmente detalhado, desde a etapa criativa até a de detalhamento executivo. Deverá também permitir a correta representação de seus elementos em função da vista e escala de apresentação indicadas.

ABSTRACT

This paper introduces the requirements of temporal continuity and spatial unity, which are necessary in eliminating information redundancy in projects. Information redundancy results in not only higher maintenance costs (because of copies) but also brings about inconsistency; this happens on a general and on a specific basis, e.g., in projects. The temporal continuity requirement is the ability to transport the digital model throughout the various project phases and/or throughout different applications of a CAD system, without ambiguity or loss of information. It should also cope with increasingly higher project complexity. The spatial unity requirement is the ability to manipulate a project model as a whole, and to properly represent project elements on a given scale and presentation view. The ideal CAD system must be capable of manipulating a single model that can be gradually detailed, from the creative stage through construction detailing. It must also allow for accurate project element representation on a given view and presentation scale.

INTRODUÇÃO

Este trabalho introduz os requisitos da continuidade temporal e da unidade espacial em modelos digitais, mormente nos projetos de edificações, buscando despertar o interesse de pesquisadores e alunos de pós-graduação em linhas de pesquisa que objetivem o desenvolvimento e a avaliação de sistemas CAD.

A continuidade temporal e a unidade espacial são requisitos necessários para se eliminar a redundância de informação nos projetos. A redundância de informação, em geral, e no projeto, em especial, além de resultar em maiores custos de manutenção (das cópias), favorece a ocorrência de erros de inconsistência.

Este texto está dividido em itens, sendo os dois próximos dedicados à descrição geral e justificativa dos requisitos da continuidade temporal e da unidade espacial, nesta ordem. Os dois itens seguintes se referem ao aprofundamento do conceito da continuidade temporal, ao analisar o emprego do CAD nas principais etapas dos projetos, criação e detalhamento. O próximo item, intitulado interoperabilidade em sistemas CAD, trata da manutenção da continuidade temporal em projetos digitais ante o uso de software aplicativos CAD diferentes.

O penúltimo item se refere à generalização semântica em CAD, detalhando um aspecto do requisito da unidade espacial. O item das conclusões destaca os aspectos essenciais dos itens anteriores e faz suas associações com os requisitos apontados.

CONTINUIDADE TEMPORAL

O projeto de uma obra é um modelo, resultado do estudo e da formalização de uma necessidade ou problema do mundo real. É o meio de comunicação que permite a análise e discussão de alternativas pelas partes envolvidas. O projeto documenta o que foi decidido e é base para o planejamento, programação e acompanhamento da obra correspondente.

Sendo um modelo de algo a ser construído (ou alterado), o projeto é uma abstração dessa realidade. Para que a obra aconteça da forma como foi imaginada, é necessário um detalhamento técnico rigoroso. Esse detalhamento executivo raramente é obtido de imediato. Para atingi-lo, o projeto passa por uma série de fases.

Partindo-se de uma especificação em linguagem natural, elaboram-se uma série de estudos que dão origem a um anteprojeto. Este passa por um processo de refinamentos sucessivos, ao fim do qual se gera um projeto executivo. Dessa forma, cada fase do processo de projeto corresponde a um modelo diferente, associado a um grau de detalhamento.

A passagem de cada fase de um projeto à seguinte inicia-se pela cópia, seja em papel, seja por meio digital, daquilo que já foi feito. A cópia manual é um

processo que cria redundância de informação. A redundância não é considerada um mal em si. O que não se deseja é a possibilidade de as cópias serem inconsistentes entre si, por possíveis erros de transcrição.

A introdução dos aplicativos CAD permitiu reduzir o número de horas de prancheta dos projetos. Essa redução foi conseguida pela automação de tarefas repetitivas, como, por exemplo: a execução de hachuras, linhas tracejadas e texto, a facilidade de correção e a possibilidade de reutilizar elementos previamente definidos. Além disso, a cópia por meio digital elimina os erros os quais possam ocorrer quando a transcrição é manual.

A possibilidade de aproveitar um modelo digital, elaborado em uma fase anterior, acrescentando-lhe os detalhes correspondentes a cada nova fase, provê continuidade temporal ao mesmo, eliminando a redundância da informação pela transcrição.

A continuidade temporal, por si só, não garante eliminar a redundância de informação. Há necessidade de prover também unidade espacial ao modelo.

UNIDADE ESPACIAL

O termo CAD está normalmente associado a um software de desenho com o auxílio do computador (do inglês, *Computer Aided Drafting*). Nesses software aplicativos a comunicação entre o projetista e o software é muito semelhante àquela ocorrida na prancheta. O projetista traduz a linguagem dos objetos do mundo real em uma constituída por linhas, superfícies e/ou sólidos geométricos. Essa linguagem, de baixo nível¹, ao utilizar elementos geométricos primitivos, permite ao projetista efetuar uma representação correta dos elementos do projeto. Entretanto, o modelo digital resultante, ainda que possa ser perfeitamente compreendido pelos projetistas, possui apenas significado geométrico no ambiente computacional. Um modelo, gerado por um software de desenho assistido por computador, por não possuir significado arquitetônico (apenas geométrico), é incapaz de agregar as diversas vistas de um projeto.

Se o modelo está decomposto, em diferentes vistas, a redundância não terá sido eliminada, conforme ilustra a Figura 1. Cada vista (planta, elevação, corte ou perspectiva) conterá elementos de informação presentes nas demais (Figura 1-a). Dessa forma, uma alteração de projeto poderá demandar alterações nas diversas partes (vistas) do modelo (Figura 1-b).

A redundância por falta de unidade espacial é consequência inevitável do projeto feito em mídia papel. Entretanto, esta tem sido também prática corrente, mesmo quando se passou da fase tecnológica “da prancheta” para a do computador. Por exemplo, Schley et al (1997), afirmam:

“Most CAD systems allow users to create objects in either two-dimensional or three-dimensional space. Two-dimensional layers can serve as guidelines for building 3D models.”

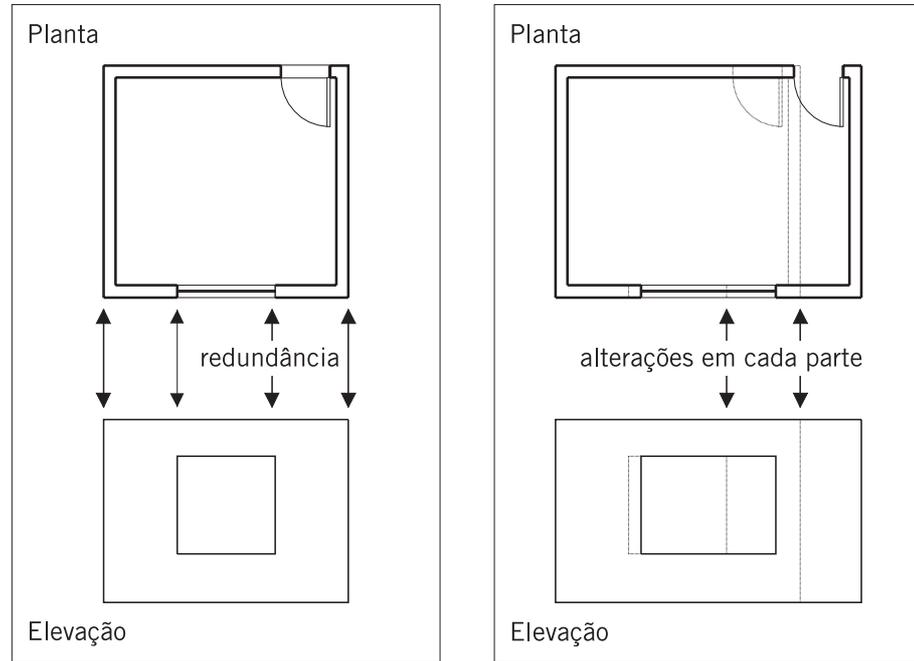
(1) Por analogia às primeiras linguagens de programação de computadores, ditas “de baixo nível” (de abstração). Com o tempo, sucessivas camadas de abstração foram sobrepostas, com o objetivo de aproximá-las cada vez mais da semântica dos problemas do mundo real, gerando linguagens ditas “de alto nível”.

Assim como Freitas (1995):

“Tradicionalmente a prática projetual em arquitetura, embora tenha passado por diversas fases, modelos, tendências, etc., trabalha basicamente com um elenco reduzido de ‘ferramentas’; São elas:

- *A conceituação do problema;*
- *Estudo bidimensional;*
- *Estudo tridimensional”.*

Figura 1



a) redundância de informação entre diferentes partes de um modelo

b) cada alteração pode requerer ser feita em mais de uma parte do modelo

Crédito: Autor

Tal redundância poderia ser eliminada, se existisse um único modelo digital da realidade a ser construída. Nesse contexto, plantas, cortes, elevações, perspectivas e maquetes seriam, na verdade, diferentes vistas obtidas a partir de um único modelo.

A eliminação da redundância pela continuidade temporal e pela unidade espacial requer um CAD específico para o projeto de arquitetura. A comunicação entre o projetista e o software deve fazer uso de linguagem arquitetônica, de alto nível. Os objetos do mundo real devem poder ser representados como objetos paramétricos, retendo suas características arquitetônicas. Nesse caso, por exemplo, uma parede é uma parede, assim como boa parte de suas características geométricas, físicas e funcionais. Uma janela, quando inserida em uma parede, passa a ocupar um volume da parede em substituição ao volume de material anteriormente existente. Se, posteriormente, essa janela for removida ou

deslocada para outro local, o espaço deve ser novamente ocupado com o material da parede.

O termo CAD específico para arquitetura está associado a um sistema de projeto elaborado com o auxílio do computador (do inglês, *Computer Aided Design*). Tal software deve ser capaz de manipular o objeto do projeto como um modelo único. Além disso, deve representar, corretamente, quaisquer de suas vistas, em cada fase do projeto.

Para Monedero (2000), o grande desafio está na definição do modelo arquitetônico como um todo. Ele afirma ser duvidoso conseguir tratar uma construção como uma montagem de engenharia (como, por exemplo, uma aeronave). Entre as principais dificuldades o autor aponta a propagação automática de alterações em uma parte do modelo sobre as demais.

CONTINUIDADE TEMPORAL NA ETAPA CRIATIVA DO PROJETO

O CAD foi idealizado originalmente para a etapa criativa, mas este objetivo permanece objeto de continuada busca acadêmica.

Na etapa criativa do projeto, o desenho é parte do processo de pensar e não somente como meio de sua documentação ou comunicação. A grande maioria das ferramentas comerciais ditas criativas e específicas para arquitetura, em contraposição àquelas ditas genéricas, não corresponde a tal uso dado, o qual apenas eleva o grau da linguagem entre o homem e a máquina. A linguagem dos objetos parametrizados como parede e janela substitui a de objetos simples (linhas, por exemplo), porém a abordagem é a mesma.

Na etapa criativa, segundo Medjdoub e Yannou (2000), o arquiteto busca o melhor arranjo espacial para um dado conjunto objetivo de requisitos extraídos do programa. Esses requisitos objetivos são expressos por meio de restrições:

Restrições dimensionais: sobre cada espaço, como, por exemplo, restrições de área, comprimento, largura ou orientação;

restrições topológicas: sobre relações entre os espaços, como, por exemplo, adjacência e proximidade.

Normalmente, a solução do problema é feita “à mão”. Começa-se por esboços que representam princípios de planejamento de espaços ou soluções de topologia viável, sem dimensões geométricas precisas. Esse é o estágio dito de esboço (*sketch*). Os esboços são, em seguida, estudados do ponto de vista do dimensionamento geométrico, mais dependente das restrições acima. Para esse estágio, os autores acreditam ser possível o uso de CAD do tipo paramétrico ou variacional, mas não citam exemplos (o que, entretanto, é feito por Monedero, conforme visto adiante).

Segundo Medjdoub e Yannou (2000), a principal fraqueza do processo manual, usado na etapa criativa, está no estágio de esboço. O arquiteto pode omitir algumas soluções topológicas possíveis. Por outro lado, alguns esboços que

aparentam ser topologicamente promissores acabam resultando inviáveis no estágio de dimensionamento geométrico.

Os autores propõem a utilização de algoritmos de busca de soluções em problemas combinatórios com restrições, assim como a separação entre topologia e geometria. Para tanto, desenvolveram e testaram um software aplicativo denominado ARCHiPLAN. Tal separação é justificada por Medjdoub e Yannou (2001), pela inutilidade de discriminar-se, durante a fase preliminar de um projeto, entre duas soluções geometricamente próximas. Duas soluções são consideradas diferentes quando diferem por, pelo menos, uma adjacência. O estágio topológico faz uso de um diagrama funcional na forma de grafo, no qual cada célula representa um espaço previsto no programa e cada ligação entre células representa uma restrição.

Para cada solução topológica busca-se uma solução geométrica ótima. Para o estágio geométrico se utiliza a noção de espaço, representado por meio de retângulos. Os espaços correspondem a uma função, excluindo elementos construtivos como paredes, lajes, portas, janelas, etc.

Apesar de ser comparativamente superior a qualquer outro algoritmo desenvolvido para a busca de soluções na etapa criativa, tanto em termos da complexidade dos problemas que podem ser resolvidos como em desempenho computacional (recursos consumidos para a produção de soluções, especialmente o tempo de processamento), Medjdoub e Yannou (2001) reconhecem diversas limitações: comporta, no máximo, dois pavimentos e 20 espaços, e lida apenas com espaços retangulares. A metodologia foi considerada apropriada para construções de edifícios de escritórios e industriais.

Os tipos de edificações que podem ser tratados pelo ARCHiPLAN, segundo a classificação dada por Heath (1984), são os *systems* e *commodity buildings*. Edificações do tipo *systems buildings* estão associadas a um número de restrições a resultarem em uma quantidade de soluções topológicas as quais possibilitam a escolha da melhor alternativa. Edificações do tipo *commodity buildings*, por estarem associadas a um grande número de restrições, geram uma ou poucas alternativas. Edificações do tipo *symbolic buildings*, por possuírem poucas restrições, resultariam em um número de alternativas tal (mesmo no caso finito), que a escolha seja impraticável.

A definição de espaços não-retangulares requer interfaces avançadas e algoritmos mais elaborados do que o utilizado no ARCHiPLAN (não-disponíveis). Para Laeson (1999), mesmo no caso de interfaces avançadas, em discussão no meio acadêmico, os usuários seriam obrigados a aprender uma série inteira de comandos antes que pudessem iniciar a pensar por meio desses comandos.

Monedero (2000) faz uma revisão de técnicas e experiências com a modelagem paramétrica, inclusive no que se refere ao projeto no espaço tridimensional. Na arquitetura, modelos tridimensionais em computador são elaborados por uma das seguintes técnicas: malhas poligonais, sólidos ou superfícies paramétricas, como, por exemplo, as *nurbs* (*non-uniform rational B-splines*). As malhas poligonais são as mais utilizadas, dado que os modelos

(2) Termo traduzido literalmente do inglês “*variational CAD*” ou do espanhol “*CAD variacional*”.

arquitetônicos são compostos, principalmente, de superfícies planas. Modelos de sólidos são também amplamente utilizados devido ao fato de aceitarem a criação de formas complexas por meio de operações booleanas sobre formas mais simples. No caso das superfícies paramétricas o autor afirma:

“Nurbs or the like are rarely used (except by Frank Gehry), as common budgets do not favor sculptured or free-form surfaces.”

Para o caso de CAD paramétrico, o autor cita, como exemplo, o aplicativo comercial ArchiCAD, mas privilegia o uso de rotinas escritas em linguagem de programação C++ ou similar para serem inseridas em aplicativos comerciais. Dessa forma, os usuários podem escolher e dimensionar um elemento de uma família (por exemplo, um tipo de janela) pela especificação dos valores de seus atributos.

Como exemplo de CAD variacional², Monedero cita a criação de procedimentos os quais dão origem a objetos bidimensionais ou tridimensionais, e indica, como exemplos, as rotinas em linguagem Pascal desenvolvidas por William Mitchell, (MITCHELL, 1987, apud MONEDERO, 2000) de uso genérico, ou desenvolvidas por ele mesmo, em linguagem AutoLisp, para inserção no aplicativo comercial AutoCAD. Essas rotinas visam gerar composições geométricas (por exemplo, a forma de uma escada ou arranjo interno de um banheiro) com base em parâmetros fornecidos pelo projetista.

Monedero considera os casos acima restritos em termos dos tipos de construções que podem ser criados:

“... (We will not consider Gehry’s buildings for a few years)”.

Além de gerar composições geométricas de elementos construtivos comuns, Monedero cita o desenvolvimento de rotinas exploratórias que resultem em composições geométricas, geradas de forma mais ou menos aleatória. Essas são objeto da abordagem computacional (do inglês, *computational design*) e as únicas as quais poderiam ser, de fato, associadas à etapa criativa. Uma classificação atualizada de tais rotinas, com exemplos de aplicação, é feita por Celani (2003).

A abordagem computacional pode ser utilizada na busca de soluções para as construções do tipo simbólico e não restringe os espaços gerados em formas retangulares ou de paralelepípedos. Entretanto, pela própria natureza do problema que visa resolver, não explora todas as soluções possíveis nem visa sua otimização, mas tem por objetivo ser mais eficiente do que o processo exclusivamente manual.

CONTINUIDADE TEMPORAL NA ETAPA DE DETALHAMENTO DO PROJETO

Ainda que o propósito original de suporte na etapa criativa ainda não tenha sido alcançado, é indiscutível a importância do CAD na etapa de detalhamento dos projetos.

Para Ekholm (1996), o projetista trabalha em um “objeto do projeto”, progressivamente detalhado. Parte de uma construção pode ser, inicialmente, algo

que divide os espaços e, posteriormente, pode ser considerado uma parede. Depois se determinam outras propriedades, as proporções entre paredes e janelas, o material e a espessura da parede, isolamento acústico, material da superfície, etc.

Ekholm concorda com Eastman e Fereshetian (1994), os quais afirmam que o modelo digital deve poder lidar com a crescente complexidade do projeto. A estrutura básica do objeto deve permitir a sucessiva composição de novas partes, assim como a decomposição em unidades separadas.

Para Halin, Bignon e Leonard (1995), há diferenciação semântica para cada detalhamento, ao qual podemos associar escalas de apresentação. A representação do trabalho a ser realizado pode ser feita utilizando-se três modelos, cada um correspondendo a um detalhamento do projeto:

Modelo volumétrico: determina as figuras espaciais a partir de entidades geométricas bidimensionais ou tridimensionais, e estabelece os limites dos espaços.

Modelo lógico: agrega às entidades as descrições dos materiais a serem empregados e, dessa forma, suas dimensões corretas.

Modelo de elementos: corresponde à decomposição das entidades em suas unidades de material ou produto.

Uma parede, por exemplo, no nível volumétrico, pode ser vista como uma divisão de 20 cm de espessura.

No nível lógico, alternativas podem ser consideradas, como, por exemplo: uma estrutura de madeira (espessura corrigida para 14 cm) ou o assentamento de blocos de concreto (espessura mantida em 20 cm).

No nível de elementos, faz-se o detalhamento da estrutura (caibros, tábuas, placas, etc.) ou a disposição dos diferentes blocos, conforme a alternativa escolhida no nível lógico.

A abordagem proposta por Halin, Bignon e Leonard (1995) foi por eles implementada na forma de um CAD e exclui a etapa criativa. Os autores afirmam textualmente:

“Not to be included in the present approach, is the creation phase for which modeling remains at the level of research and for which the existing tools offer but a limited aid.”

INTEROPERABILIDADE EM SISTEMAS CAD

Não dispondo de um único software aplicativo de auxílio ao projeto, capaz de fazê-lo desde a etapa criativa até a de detalhamento executivo, deve-se buscar um sistema de diferentes aplicativos para diferentes etapas ou fases de projeto.

Em termos práticos trata-se, por exemplo, de utilizar um CAD como o ARCHiPLAN (citado anteriormente) para a etapa criativa e um CAD paramétrico para a etapa de detalhamento.

Para que não ocorra solução de continuidade temporal, os diferentes aplicativos CAD utilizados devem poder comunicar o modelo digital entre si.

Define-se por interoperabilidade a capacidade de um sistema utilizar componentes de outro sistema. No caso de um projeto, os componentes seriam os próprios elementos desse projeto, transmitidos por meio de uma linguagem comum.

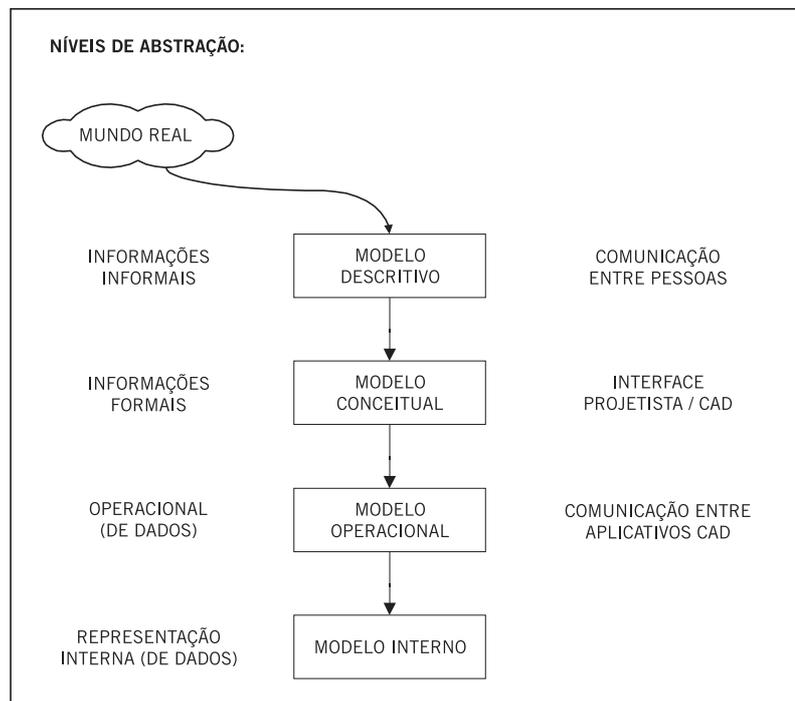
A comunicação entre pessoas é estabelecida, preferencialmente, por meio de linguagem natural. Entretanto, quando se trata de um projeto, para que este possa ser transmitido corretamente, há necessidade de uma linguagem formal. A linguagem formal deve utilizar símbolos que representam elementos da obra de forma clara, preestabelecida nas normas técnicas. O conjunto dos símbolos forma um modelo, o projeto, uma abstração da realidade, a obra.

A diferenciação por níveis de abstração de informações e dados é um conceito geral na análise de sistemas computacionais. A versão tratada neste texto, ilustrada na Figura 2, é uma adaptação do caso geral proposto por Setzer (1986) e constituída de cinco níveis, em ordem decrescente do grau abstração: mundo real (não-formalizável, por ser muito complexo), das informações informais (modelos descritivos), das informações formais (modelos conceituais), operacional (modelos operacionais) e interno (da representação interna dos dados e dos programas).

O nível mais elevado possível de ser formalizado é o das informações informais. Os modelos descritivos associados a tal nível não possuem regras formais para sua definição. Em projeto, tal nível corresponde à fase do programa de necessidades, anterior à etapa criativa a qual, segundo a ABNT (1994), faz uso de documentos escritos:

“textos descritivos, organogramas, fluxogramas, esquemas etc.”

Figura 2: Níveis de abstração de informações e dados
Fonte: Adaptado de Setzer, 1986



Por não haver regras formais para a definição de um modelo descritivo, conclui-se não ser possível sua transcrição automatizada para as fases seguintes de projeto, ou vice-versa. Tais transcrições só podem ser realizadas por seres humanos. Dessa forma, não é possível haver continuidade temporal entre essa primeira fase e as seguintes. Lawson (1999), no item “O assistente que conversa”, faz uso de dois exemplos reais para descartar o uso do CAD, na fase do programa de necessidades, em favor da linguagem escrita.

O exemplo citado no segundo parágrafo deste item utiliza o ARCHiPLAN para a etapa criativa. O resultado, nesse caso, é um conjunto de espaços retangulares dos tipos: cômodo, circulação ou pavimento (e seus subtipos) com seus respectivos atributos: posição dos cantos opostos, função, orientação (para escadas simples) e lado do primeiro degrau (escadas em “U”, com patamar), etc.

Para que haja interoperabilidade, há necessidade de os CAD reconhecerem os mesmos tipos de objetos (elementos do projeto) e suas características e também de poder comunicá-los por meio de uma linguagem comum.

Seguindo o mesmo exemplo, o CAD paramétrico escolhido para a etapa de detalhamento do projeto deve poder ler o modelo comunicado e reproduzi-lo, segundo sua própria estrutura. A partir da importação do modelo, o aplicativo deve permitir ao projetista acrescentar os elementos construtivos que dividem (paredes, lajes, etc.) e os que comunicam (portas, janelas, etc.) os espaços funcionais originalmente definidos. Haveria, portanto, necessidade de estender-se a funcionalidade do ARCHiPLAN para que este pudesse comunicar o modelo resultante ao CAD paramétrico para a etapa de detalhamento.

Não havendo possibilidade de comunicação clara (pela falta de rigor formal) na fase das informações informais, deve-se buscar fazê-lo em um dos níveis inferiores, no das informações formais (de preferência) ou no operacional. Ambos os níveis têm sido utilizados para a comunicação entre o usuário e o CAD. O nível operacional é utilizado por usuários especializados, geralmente para estender a funcionalidade desses aplicativos. O nível das informações formais é o da interface destinada ao usuário comum.

O nível da abstração de dados internos corresponde à forma como cada sistema computacional define e manipula internamente seus dados. Tal nível é também o da comunicação entre um aplicativo CAD e seu ambiente operacional (computador e sistema operacional)³.

Por serem os aplicativos CAD comerciais resultantes de iniciativas individuais e concorrentes, e, principalmente, por terem sido concebidos em época (início dos anos 80) anterior ao do desenvolvimento de sistemas de computador, baseados em modelos conceituais (final dos anos 90), não existe uma linguagem comum entre aplicativos CAD no nível das informações formais.

Algumas linguagens foram criadas no nível operacional, como, por exemplo, a Drawing Exchange Format – DXF. Também houve caso em que uma linguagem proprietária de uma empresa (AutoDesk), utilizada para armazenar e recuperar projetos em meio digital, a DWG, passou a ser reconhecida por diversos outros

(3) Ainda que o aplicativo CAD tenha sido escrito em uma linguagem de alto nível, ela foi compilada, isto é, traduzida para o nível mais baixo, da máquina.

concorrentes. Entretanto, essas foram desenvolvidas para sistemas de auxílio ao desenho e não para o auxílio ao projeto por computador.

Algumas linguagens para transmissão de elementos de projeto, no nível operacional, encontram-se em desenvolvimento. Um exemplo é a linguagem de definição de dados *Express* (ISO, 1994), concebida para comunicar modelos de produtos da indústria em geral. A International Alliance for Interoperability elaborou, pela linguagem *Express*, um modelo de interesse da comunidade da construção, denominado *Industry Foundation Classes – IFC* (IAI, 2003).

GENERALIZAÇÃO SEMÂNTICA EM CAD

Para o Comitê Técnico ISO/TC 10, responsável pela elaboração da norma ISO n. 13.567 (ISO, 1998a; ISO, 1998b), deve existir diferenciação de apresentação, conforme o grau de detalhamento (ou escala). Esta norma trata da organização e nomenclatura de camadas em CAD. Nela o termo camada é definido como um atributo das entidades em um arquivo de dados CAD, usado para separar os dados de modo a poderem ser manuseados e comunicados, assim como terem sua visibilidade controlada na tela do computador ou em papel impresso (plotado). Nesse sentido, a norma ISO reserva parte da estrutura dos nomes⁴ de cada camada, para indicar a escala apropriada à apresentação dos elementos, significando que um mesmo elemento possui diferentes representações conforme a escala de apresentação, ou grau de detalhamento desejado.

Ainda que o projeto esteja em suas fases finais de detalhamento, sua representação é condicionada pela escala de apresentação. O olho humano apenas consegue distinguir pontos separados por mais de cerca de um décimo de milímetro. Dessa forma, haverá escalas abaixo das quais uma ou mais feições distintas (independentemente da tecnologia empregada) serão percebidas como fundidas (coalescência).

A distância de um centímetro, por exemplo, não pode ser representada em escala inferior a 1:50 (se considerarmos tratar-se da distância entre dois objetos e que estes devem poder ser representados), podendo ser maior, dependendo da tecnologia utilizada na apresentação.

A apresentação de elementos de projeto em escalas menores do que as escalas mínimas possíveis requer alterações em suas representações. Uma alteração, geralmente, implica na perda de informação. Entretanto, a perda de informação ocorrida quando se passa de uma escala maior para uma menor não pode resultar na descaracterização daquilo que está sendo representado. A esse processo se dá o nome de generalização semântica.

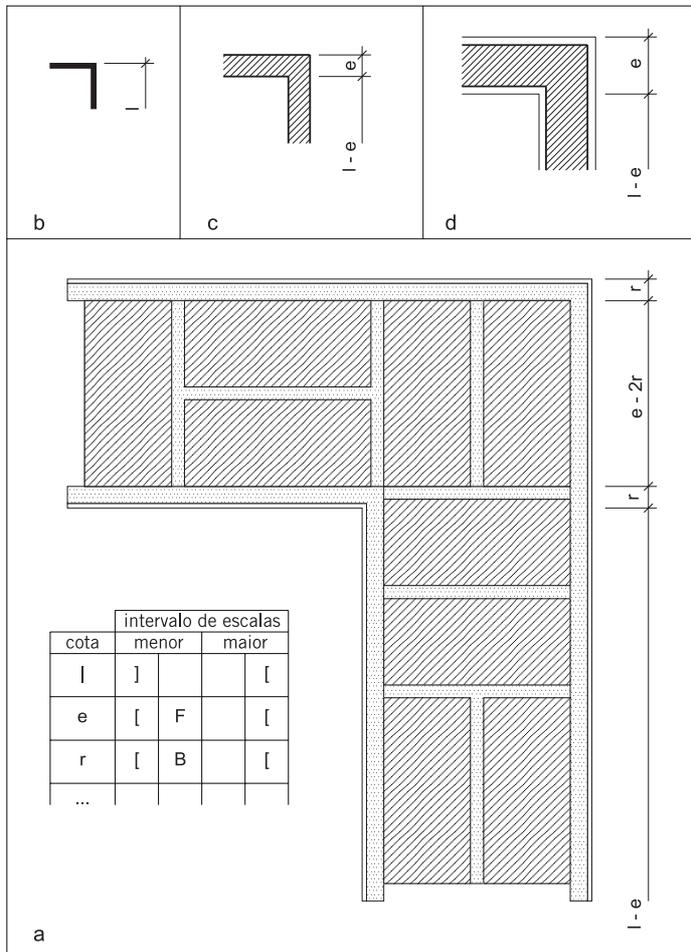
No projeto realizado diretamente em papel não há separação entre cada parte do modelo e sua apresentação. Ambos formam um desenho. Dessa forma, a necessidade de apresentar-se um projeto em escalas diferentes (do todo ao detalhe) resulta em diversos desenhos, ou seja, partes de um modelo com redundância de informação.

(4) A Norma ISO n. 13.567, por princípio, trata da semântica, deixando a sintaxe a cargo de cada país. Uma proposta de sintaxe para o caso brasileiro é apresentada por Giacaglia (2001).

O aplicativo CAD ideal deve permitir a correta representação dos elementos de um projeto em função da vista e escala de apresentação. A estrutura do modelo IFC (citado no item anterior) possibilita a um elemento de projeto ter diversas representações, ainda que estas não estejam associadas formalmente a vistas ou escalas diferentes. Entretanto, o IFC apenas se presta à comunicação de elementos de projeto entre aplicativos CAD diferentes. Há necessidade de esses aplicativos incorporarem, em seus próprios modelos de dados, os mecanismos a permitirem diferentes e corretas representações dos elementos de um projeto em função da vista e escala de apresentação.

A Figura 3 ilustra o conceito da generalização semântica em um CAD ideal. A Figura 3-a apresenta parte de um objeto do tipo parede em planta baixa. Nesse exemplo, pela representação pode-se concluir tratar-se de parede de alvenaria de tijolos revestida em ambos os lados com argamassa (emboço e reboco). A espessura do revestimento é “r” e da alvenaria sem acabamento é dada pela expressão “e - 2r”, sendo “e” a espessura total da parede acabada. A tabela contida na Figura 3-a indica os intervalos de escalas (codificação ISO) para os quais cada cota é visível. Fora do intervalo indicado, uma determinada cota é suprimida e/ou incorporada em outra.

Figura 3: Generalização semântica
Crédito: Autor



Na Figura 3-b, a de menor escala, a mesma parede é representada, mas sem informação a respeito de sua espessura ou material. Apenas a cota “l” é indicada, as demais foram suprimidas e incorporadas. Na Figura 3-c, sabe-se que a parede é de alvenaria e possui espessura total “e”. Na Figura 3-d, sabe-se que a parede é de alvenaria com algum tipo de revestimento.

A Figura 3 contém diferentes representações de uma mesma vista de um único modelo digital em um CAD ideal, diferenciadas apenas pela escala de apresentação. Cabe observar que tais representações correspondem às fases finais de um projeto, no qual o processo construtivo e os materiais já foram definidos. A espessura da parede decorre dessa escolha e da necessidade de atender a requisitos de desempenho. No início do projeto, antes de associar materiais e/ou espessura para a parede, seja qual for a escala, a representação é semelhante à da Figura 3-b.

CONCLUSÕES

A redundância de informação no projeto de construções pode resultar em inconsistência. Cada cópia da mesma informação necessita ser controlada (eliminada e/ou alterada) para que isso não aconteça, reduzindo a eficiência do processo de projeto. A redundância é inevitável quando o projeto é feito diretamente sobre a mídia papel. No caso da mídia digital, sua eliminação está associada a dois requisitos: continuidade temporal e unidade espacial.

O requisito da continuidade temporal traduz-se pela capacidade de:

comunicar o modelo digital entre as fases do projeto e/ou entre diferentes aplicativos de um sistema CAD, sem ambigüidade ou perda de informação;

lidar com a crescente complexidade do projeto: a estrutura básica do objeto deve permitir a sucessiva composição de novas partes, assim como a decomposição em unidades separadas.

O requisito da unidade espacial traduz-se pela capacidade de:

manipular o objeto do projeto como um modelo único; e

representar corretamente os elementos de um projeto em função da vista e escala de apresentação.

O sistema CAD ideal deve ser capaz de manipular um modelo único o qual possa ser gradualmente detalhado, desde a etapa criativa até a de detalhamento executivo. Deverá também permitir a correta representação de seus elementos em função da vista e escala de apresentação indicadas.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – (ABNT). *NBR 6492 – Representação de projetos de arquitetura*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1994.

CELANI, G. *Cad criativo*. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

EASTMAN, C. M.; FERESHETIAN, N. Information models for use in product design: A comparison. *Computer-Aided Design*, v. 26, n. 7, p. 551-572, 1994.

EKHOLM, A. A conceptual framework for classification of construction works. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*. Estocolmo. Disponível em: <<http://itcon.org/>> Acesso em: 17 abr. 2000.

FREITAS, H. *O projeto digital (por uma arquitetura com bits)*. 1995. Tese (Livre-docência) – Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 1995.

GIACAGLIA, M. E. A organização da informação em sistemas CAD: Análise crítica de esquemas existentes e proposta para o caso brasileiro. *Sinopses*. São Paulo: FAUUSP, n. 35, p. 70-74. 2001.

HALIN, G.; BIGNON, J. C.; LEONARD, D. Complex object management systems and the technical architectural design process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN URBAN PLANNING AND URBAN MANAGEMENT, 4., Melbourne, 1995. *Proceedings*. Melbourne. v. 1, p. 99-118, 1995.

HEATH, T. *Method in architecture*. Norwich: John Wiley & Sons, 1984.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY – IAI. *IFC release 2x2*. Disponível em: <<http://www.iai-international.org>>, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 13.567-1 - Technical product documentation – Organization and naming of layers for cad – Overview and principles*. Genève: International Organization for Standardization, 1998a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 13.567-2 - Technical product documentation – Organization and naming of layers for cad – Concepts, format and codes used in construction documentation*. Genève: International Organization for Standardization, 1998b.

____. *ISO n. 10.303-11 – Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Description methods – The express language reference manual*. Genève: International Organization for Standardization, 1994.

LAWSON, B. Cad na arquitetura: A história até agora. *Graf&Tec*, n. 6, p. 31-59, 1999.

MEDJDOUB, B.; YANNOU, B. Dynamic space ordering at a topological level in space planning. *Artificial Intelligence in Engineering*, n. 15, p. 47-60, 2001.

____. Separating topology and geometry in space planning. *Computer-Aided Design*, n. 32, p. 39-61, 2000.

MONEDERO, J. Parametric design: A review and some experiences. *Automation in Construction*, v. 9, p. 369-377, 2000.

SCHLEY, M.; BUDAY, R.; SANDERS, K.; SMITH, D. K. (Eds.). *CAD layer guidelines*, 2. ed. Washington, DC: The American Institute of Architects Press, 1997.

SETZER, V. W. *Bancos de dados: Conceitos, modelos, gerenciadores, projeto lógico e projeto físico*. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.

PALAVRAS-CHAVE (KEY WORDS)

CAD, projeto assistido por computador, eliminação da redundância, interoperabilidade, generalização semântica, modelo único de edificação.

CAD, computer-aided design, redundancy elimination, interoperability, semantic generalization, single building model.

Marcelo Eduardo Giacaglia

Professor do Departamento de Tecnologia da Arquitetura da FAUUSP.