

# O Projeto Integrado de Arquitetura. Algumas Considerações Metodológicas

**Ricardo M. Naveiro**

## **Resumo**

Este trabalho foi baseado em minha tese de doutorado elaborada na FAUUSP na qual foi desenvolvido um referencial metodológico para o entendimento do processo de inovações tecnológicas experimentado pela indústria de manufatura, analisando a contribuição do PAC – projeto auxiliado por computador (em inglês CAD – computer aided design) para a integração das atividades de projeto e fabricação.

Neste artigo é explorado este mesmo tema para a indústria da construção, procurando identificar as contribuições do PAC para o aumento do nível de integração das atividades presentes no projeto de arquitetura.

Inicialmente são discutidos alguns conceitos relativos à implantação de sistemas automatizados de produção em indústrias de manufatura e estabelecidas algumas diferenças entre ela e a indústria da construção habitacional; e feitas algumas adaptações (transposições) desses conceitos para a arquitetura.

Finalizando, são mostradas algumas possibilidades de integração entre as diversas fases do projeto arquitetônico com o auxílio do PAC. É ressaltado o uso do PAC tanto como um instrumento de auxílio à representação como de recuperação de informações do projeto.

## **Abstract**

This paper is based in my D.Sc. research done at FAU/USP where was surveyed the technological innovations observed in the manufacturing industry and analysed the contribution of CAD to improve the integration between design and manufacturing areas.

The same subject is developed here for the construction industry, highlighting some applications of CAD in the architectural project and its contribution to achieve an integrated design environment.

The paper begins with the discussion on technology innovation in both, manufacturing industry and construction industry. The main differences are pointed and some concepts are adapted to architectural design.

We finish the paper presenting some CAD applications in architectural design specially its use as a tool for design retrieval and identifying some integration chains that can be implemented with the use of this technology.

*Artigo elaborado com base na Tese de Doutorado "Uma integração necessária: projeto e fabricação na moderna manufatura", apresentada em setembro de 1992.*

*Orientador: Prof. Dr. Lucio Grinover*

## Introdução

No universo da produção de artefatos industriais já se encontra consagrada a sigla MIC – manufatura integrada por computador (em inglês CIM – computer integrated manufacturing) que significa a introdução da informatização e da automação no ciclo produtivo, acompanhada do emprego de novos métodos de gestão do trabalho direto. Isso significa que o MIC representa o padrão contemporâneo de organização fabril utilizando computadores e automação flexível como ferramentas para obter a integração de todas as etapas do processo produtivo.

O conceito MIC objetiva a integração e o controle dos fluxos de fabricação, materiais e de informações utilizando-se para isso de uma base técnica computadorizada. Dentre as diversas atividades integradas propostas num modelo MIC destacam-se duas atividades fundamentais para a realização do ciclo produtivo – o projeto e a fabricação.

Vários autores<sup>1</sup> consideram que o projeto e a fabricação associados à atividade de coordenação são os elementos fundamentais de uma indústria de manufatura. A atividade de coordenação compreende a gestão do processo de transformação de matérias-primas bem como a gestão do processo de transformação experimentado pelas informações que alimentam este processo.

Ao lado mostramos um modelo de representação de empresas fabris segundo a abordagem descrita acima. A principal característica deste modelo de representação é separar as atividades produtivas em um grupo "conceitual" e outro "físico" (projeto & fabricação) gerenciados por uma coordenação geral<sup>2</sup>

Tendo este modelo como referência, a questão da adoção da automação em indústrias de manufatura pode ser vista a partir de três categorias, estabelecidas segundo a capacidade da tecnologia de automação promover o inter-relacionamento informatizado das atividades fabris:

1 – automação intra-atividade: refere-se a atividades isoladas sem articulações com as demais atividades da sua esfera ou de outras esferas. É normalmente conhecida como "ilhas de automação"

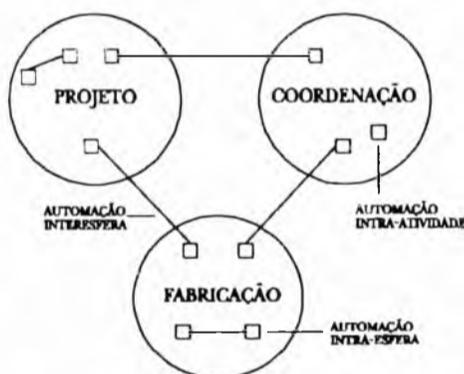
2 – automação intra-esfera: refere-se a atividades seqüenciais e interdependentes como por exemplo a transferência de peças entre duas estações de trabalho, através de um manipulador programável (robot).

3 – automação interesfera: refere-se à modalidade mais complexa de automação, a que envolve a *integração computadorizada* de informações e/ou materiais.

A última categoria prevê o tratamento simultâneo e integrado de todas as informações relativas à atividade fabril, permitindo um rápido replanejamento da fábrica face as imposições ditadas pelas mudanças na demanda e no mercado.

Este modelo é bastante útil para uma compreensão preliminar do processo de introdução de novas tecnologias, porém ele, além de reduzir a empresa a apenas três funções, não especifica o nível hierárquico da empresa que está sendo atingido pela introdução da automação, nem qualifica o tipo de tecnologia, isto é, se é uma tecnologia de automação ou de informática.

Procurando superar essas limitações propus um modelo de representação para auxiliar a compreensão da modernização das empresas<sup>3</sup> composto de três eixos principais a saber: "sistema de informações" "setor da empresa" e "nível hierárquico" O eixo referente ao setor da empresa identifica que função



Fonte: KAPLINSKI

(1) Kaplinski R., Yeomans R. & Scheer W

(2) No setor da construção habitacional a esfera do projeto não está representada por uma única empresa. É usual a subdivisão do projeto em vários outros sob coordenação do projeto de arquitetura

da empresa está sendo automatizada: o projeto, a construção, o armazenamento de materiais, etc. O eixo referente ao nível hierárquico representa o grau de abrangência da tecnologia, isto é, a que nível decisório ela está associada, se ao nível das macrodecisões estratégicas ou ao nível das microdecisões operacionais. Por último, o sistema de informações foi categorizado em três grupos:

- informações tecnológicas – aquelas associadas aos procedimentos operacionais dos equipamentos.
- informações organizacionais – aquelas associadas à forma de organização do trabalho e aos procedimentos humanos diante dos problemas.
- informações gerenciais – aquelas associadas aos procedimentos técnicos relativos ao tratamento das informações.

### **A introdução do PAC na indústria da construção**

A introdução do PAC na indústria da construção habitacional, analisada sob o referencial tridimensional apresentado para a indústria de manufatura é vista como uma inovação tecnológica que atinge o nível hierárquico das decisões táticas (mesodecisões), restrita ao setor de projeto e planejamento de produtos da empresa.

No que se refere ao sistema de informações, o PAC concentra um conjunto de procedimentos tecnológicos, organizacionais e gerenciais específicos, que devem ser elaborados de forma integrada para que se alcance uma implantação eficiente do PAC<sup>4</sup>. O conjunto de procedimentos elaborado a seguir define melhor o escopo de cada categoria<sup>5</sup>.

Os procedimentos organizacionais referem-se aos fatores de adequação da tecnologia aos profissionais de arquitetura, procurando estabelecer as condições propícias ao trabalho interativo, característico da atividade de projeto. Além disso, esses procedimentos determinam o escopo de atuação do arquiteto, definindo sua amplitude de trabalho tanto no âmbito estritamente técnico, como no âmbito do reflexo das decisões técnicas sobre a coordenação do empreendimento.

Os procedimentos gerenciais referem-se à forma de registro e tratamento das informações, contendo os padrões de organização das bases de dados, criação de bibliotecas, procedimentos de criação de desenhos, critérios de parametrização, etc.

Os procedimentos tecnológicos constituem as possibilidades de definição e representação geométrica associadas ao *software & hardware* de PAC. Sua materialização se dá através da linguagem de comandos, sua semântica, sintaxe e coerência cognitiva.

Cabe ainda aqui uma observação sobre o significado da sigla PAC, comumente confundida com o *software* que está sendo usado. Alguns autores diferenciam o PAC em duas categorias: tecnologia de auxílio ao projeto e tecnologia de auxílio apenas ao desenho, sem definir de forma precisa a fronteira entre elas. A indústria de *software*, por sua vez, tem procurado insistentemente associar a idéia de PAC – projeto a representação tridimensional e a possibilidade da associação dos desenhos a atributos de engenharia<sup>6</sup>. Neste trabalho o PAC será considerado como uma tecnologia de auxílio à elaboração do projeto, principalmente utilizado na sua definição geométrica e na sua representação gráfica. Para análise da implantação do PAC na arquitetura utilizaremos o conceito de "sistemas PAC".

(3) "Modelo trifocal de informações empresariais" descrito na tese doutorado do autor

(4) As pesquisas realizadas por Solinho J. na indústria de manufatura e por Oliveira V. em empresas de engenharia mostraram que a causa dos insucessos observados na adoção de PAC estão fortemente associadas à falta de planejamento do sistema de informações organizacionais e gerenciais no momento da implantação

(5) Oliveira sugere a denominação de "sistemas PAC" para esse conjunto de procedimentos

## Caracterização da Indústria da Construção

A competitividade de uma empresa está intimamente relacionada com a compatibilidade existente entre a sua estratégia de negócio e a sua estratégia de produção. Os estudos realizados em empresas de manufatura confirmaram esta hipótese e também evidenciaram a inexistência de um padrão único de implantação de novas tecnologias neste ramo industrial (Naveiro, 1992).

Dessa forma, torna-se necessário assinalar algumas características do complexo industrial da construção habitacional, que consideramos importantes para o entendimento de sua trajetória de modernização, destacando suas principais diferenças com a indústria de manufatura.

A indústria da construção habitacional apresenta características distintas da de manufatura. Os empreendimentos são em grande maioria administrados pelos incorporadores que assumem a coordenação global de um conjunto de atividades que ocorrem em locais e datas diferentes e são executadas por firmas diferenciadas, cada qual especializada em uma ou várias disciplinas do ciclo da produção (ou construção) habitacional<sup>7</sup>. A indústria da construção distingue-se neste ponto da de manufatura onde a fábrica concentra a maior parte dos recursos humanos e técnicos necessários ao projeto e fabricação dos produtos. Caracteriza-se, dessa maneira, a primeira grande diferença entre as duas indústrias: a estrutura organizacional, evidenciando o caráter horizontalizado da indústria da construção<sup>8</sup>.

O escritório de arquitetura assume a autoria da concepção do projeto, sendo também responsável pela sua coordenação técnica e econômica. Como o projeto de arquitetura não define inteiramente o "produto" edifício, torna-se necessário sincronizá-lo com os demais projetos complementares, uma vez que o projeto de arquitetura influencia e é influenciado pelos complementares.

A integração de todas as disciplinas presentes na definição do projeto garantem a qualidade da concepção e a fidelidade do resultado ao que foi projetado. Portanto, a natureza do trabalho do escritório de arquitetura obriga que a atuação do arquiteto se dê tanto na concepção do ambiente, quanto na coordenação dos projetos complementares à definição completa do edifício.

Outra diferença está na natureza dos métodos e processos construtivos e na racionalidade que rege as relações de trabalho neste setor, distanciando-o do paradigma fordista/taylorista. As dificuldades de padronização do edifício, associado à transitoriedade do local e à precariedade do controle do trabalho tanto no seu conteúdo quanto no seu volume, dificultam extremamente o gerenciamento do empreendimento habitacional. Nesse sentido Amorim resalta que "nos projetos de arquitetura não há a preocupação de especificar o *como fazer*, limitando-se a definir o produto acabado". Como não existe a definição detalhada do processo construtivo explicitada no projeto de arquitetura não há como controlar sua execução.

Em contrapartida Ferro destaca que a razão prioritária do desenho é a comunicação, de maneira a possibilitar a construção da forma projetada, porém não especifica que tipo de desenho e que informações ele deve conter de forma a possibilitar "a execução da forma projetada"<sup>9</sup>.

Por outro lado, na manufatura de produtos industriais existe uma associação "natural" entre formas geométricas dos componentes do produto e processos de fabricação, assim como verifica-se também uma imposição tecnológica no seqüenciamento dos processos produtivos. O controle sobre esta inter-relação não ocorre na indústria de construção em função do grau de variedade, que

(6) Os softwares PAC são comercialmente identificados como de auxílio ao projeto independentemente do grau efetivo de auxílio propiciado

(7) O setor da construção habitacional pertence ao macrocomplexo da construção civil dentro do conceito de complexo industrial utilizado na análise econômica

(8) Em obras públicas a legislação brasileira obriga que o projeto seja elaborado por uma empresa diferente da que executa a obra. Tal situação não se verifica na Europa e Estados Unidos. Esse fato é considerado como um dos determinantes para o lento progresso técnico do setor da construção civil em nosso país

pode assumir a execução de um detalhe construtivo. Essas características se devem, por um lado, ao caráter desverticalizado dessa indústria, que impede que se conheça os meios de trabalho que serão utilizados naquilo que está sendo projetado, e por outro lado, ao processo de trabalho baseado em decisões isoladas tomadas no canteiro.

Na indústria de manufatura a questão de adequar a fabricação ao projeto ficou resolvida através de uma decisão organizacional: estendeu-se a fase de concepção até o planejamento do processo. isto é, os desenhos são "traduzidos" por um técnico que interpreta os detalhes fabris representados no desenho. Em muitos casos tal tradução resulta em outros desenhos nos quais a forma geométrica é dissecada e simplificada em detalhes associando-se a cada detalhe os meios de trabalho adequados (máquinas e ferramental específico). Tal iniciativa também está começando a ocorrer no setor da construção, onde muitas empresas construtoras criaram o seu "Departamento de Arquitetura" com o mesmo fim: "traduzir" os projetos e adequá-los aos meios e processos construtivos disponíveis pela empresa<sup>10</sup>

## Morfologia do Projeto do Edifício

Prover o *habitat* para o homem nas grandes cidades é uma tarefa muito difícil de atender satisfatoriamente. O mercado imobiliário define a ocupação e uso da edificação dentro dos padrões de venda vigentes, baseado na legislação e regido pela especulação. Ao arquiteto cabe a tarefa de acomodar a distribuição interna e as fachadas, dentro dos padrões estabelecidos pelo mercado, para um futuro usuário, que lhe é desconhecido, definido apenas pela classe econômica para a qual se destina a habitação.

As edificações, os ambientes construídos, são caracterizados pelas categorias tipológicas quanto à função, à forma e pelas categorias de intervenção. O projeto arquitetônico trata dos fatores intervenientes para com esse ambiente construído, da macroescala até o detalhe: a urbanização (cidades, loteamentos, ...), a edificação (casas, teatros, ruas, ...), os elementos da edificação (estruturas, instalações, ...), os componentes construtivos (janelas, tijolos, ...) e os materiais de construção (areia, cimento, ...).

O projeto é a determinação e a representação prévia da configuração arquitetônica da edificação, contendo os dados da concepção desses fatores em escala adequada à compreensão.

Projetar em arquitetura é uma progressão, que se dirige para soluções de questões espaciais. Cada passo do processo de decisão do projeto aguça os objetivos; de maneira exploratória integram-se a reflexão e o desenho. Cada ciclo de refinamento é progressivamente menos geral e mais detalhado que o anterior.

As etapas que definem o conjunto encadeado de passos em um projeto de arquitetura são as seguintes:

- Definição do Programa
- Estudos Preliminares
- Anteprojeto
- Projeto Executivo

Cada etapa transforma as informações recebidas da etapa anterior em um conjunto de parâmetros a serem utilizados como insumo para a etapa seguinte. Silva considera este processo como uma progressão na qual há um gradativo

(9) Os dois autores estão se referindo à contribuição do desenho para se alcançar uma execução correta daquilo que foi projetado. Não estão sendo tratados os problemas decorrentes do *planejamento inadequado da execução em si*. Sergio Ferro os denomina os "desencontros sem conta" perceptíveis em quase todas as obras.

(10) No workshop "Informática e Construção" realizado na FAUUSP em agosto de 1992, houve alguns relatos da adoção dessa prática pela ENCOL em São Paulo.

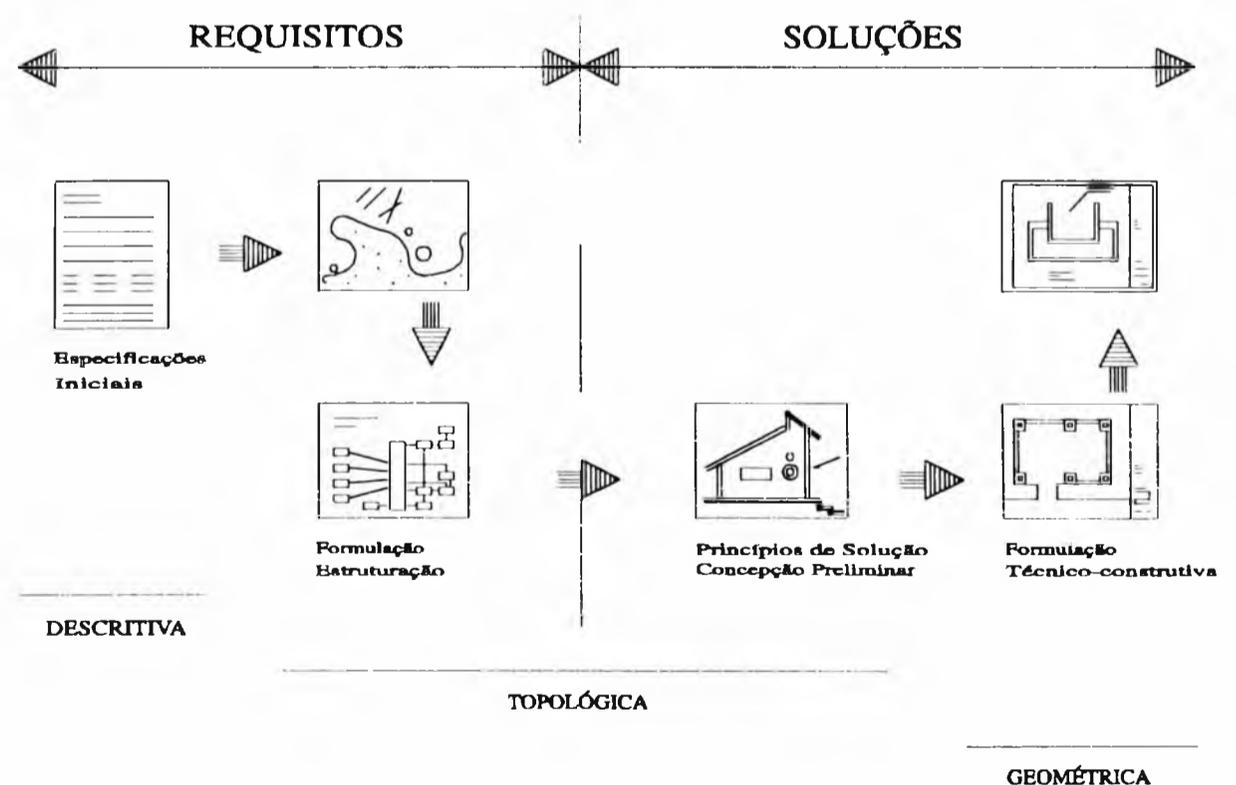
decréscimo do teor de incerteza, à medida que se evolui em direção de uma proposta de solução. Essa evolução não se dá de maneira linear, como num mecanismo, varia de pessoa para pessoa e apresenta ritmos diferenciados de progressão, de acordo com o grau de evolução da proposta.

Cada uma das etapas apresenta métodos diferentes no tratamento das informações e meios de representação distintos. As primeiras etapas do projeto, onde são definidos os requisitos do projeto e estruturados os princípios de solução a serem adotados, são principalmente descritivas, usando-se a linguagem natural como meio principal de registro das decisões. Após idealizada a forma e a distribuição espacial do edifício, o desenho passa a ser a linguagem de comunicação. Também aí não existe uma rigidez absoluta na definição da fronteira entre a linguagem verbal e a codificada (o desenho técnico). Podemos tomar como exemplo a forma de expressão do partido arquitetônico, que pode utilizar quaisquer das duas linguagens para sua comunicação<sup>11</sup>

Convém assinalar que o desenho ao longo da progressão do projeto é o meio de comunicação mais utilizado, servindo como linguagem entre *arquiteto x arquiteto*, *arquiteto x cliente* e *arquiteto x obra*.

As diferentes linguagens de comunicação e os diferentes meios de representação utilizados ao longo do processo do projeto apresentam graus diferenciados de redundância, fenômeno natural que ocorre quando se quer comunicar a mesma informação de modos diferentes. Nesse aspecto, por exemplo, quando se utiliza um estudo volumétrico para representar o partido arquitetônico a ser adotado já se está mostrando uma das possíveis representações esquemáticas da concepção.

O esquema a seguir mostra esta progressão, estabelecendo uma diferenciação entre o uso do desenho como representação da estruturação dos requisitos do projeto ou dos princípios de solução (fase topológica) e o uso do desenho para a representação da forma geométrica (fase geométrica). Esta segunda fase se utiliza mais da linguagem do desenho técnico.



(11) Silva assinala que "o partido arquitetônico não é a representação esquemática da concepção, mas sim o conceito realizado"

Representação esquemática do processo de projeto (adaptado de Jakobsen, 1985).

Os desenhos, classificados de acordo com a informação a transmitir, são o meio de expressão das etapas de elaboração do projeto. As etapas das atividades técnicas de projeto apresentadas a seguir são sequenciais, com a produção das informações sendo progressivamente acumuladas, transformadas, articuladas e detalhadas até a conclusão do projeto<sup>12</sup>

Na Definição do Programa é analisado o contexto a ser atendido. É feita a coleta de informações de referência de interesse para o desenvolvimento de uma filosofia de projeto. São considerados os fatores sociais, históricos, legais, políticos, econômicos, financeiros, intuitivos, ecológicos, técnicos, construtivos, etc. São caracterizados e analisados o meio físico e as condições existentes no local da intervenção. São determinadas as condições a serem atendidas pela edificação, delimitando seu desempenho e função, estabelecendo os objetivos da intervenção, no espaço e no tempo. São analisadas e avaliadas as alternativas para a concepção da edificação, através de textos, gráficos, organogramas, etc.

No Estudo Preliminar o partido arquitetônico a ser adotado é definido, consequência formal das determinantes do Programa e da intenção plástica do arquiteto. Desenvolve-se a concepção do projeto arquitetônico da edificação, síntese das características principais do projeto, desenhando em representações iniciais e por aproximações sucessivas o seu conceito básico e intenções gerais.

No Anteprojeto é definida a solução geral do projeto, desenhado através de plantas, cortes, vistas e perspectivas, inter-relacionando-o com as outras atividades técnicas de projeto, tais como estruturas, instalações e topografia e também servindo para a aprovação final do projeto pelo cliente. É feita a estimativa de custos e de prazos de serviços da obra a ser executada e, com base nas exigências legais, o projeto é apresentado para análise, aprovação e obtenção das licenças públicas indispensáveis para as atividades de construção.

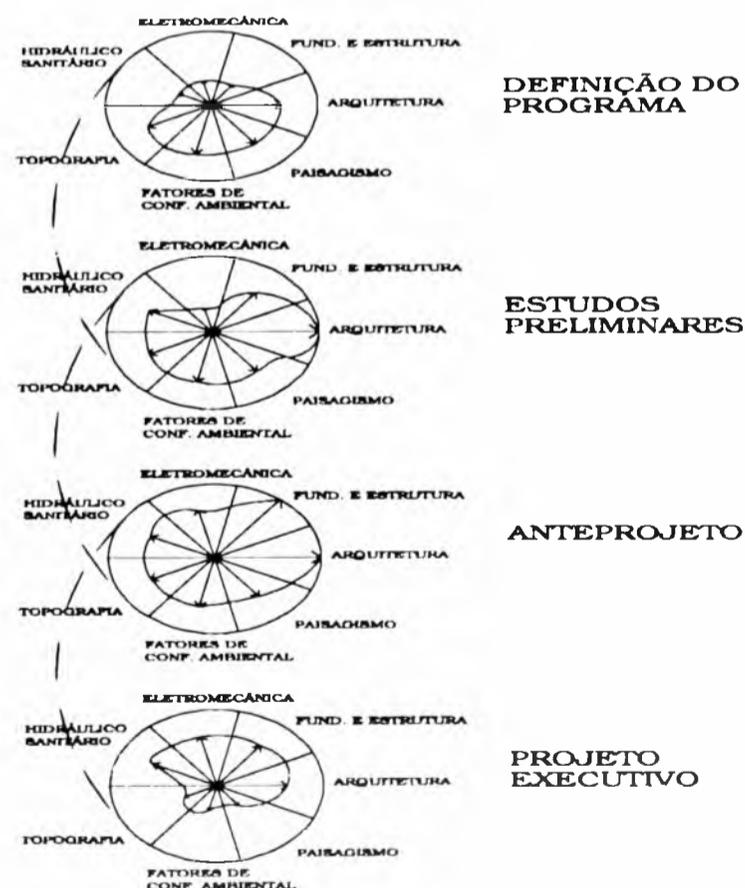
O Projeto Executivo divide-se em duas fases. No Pré-Executivo é verificada a compatibilização geral entre os projetos das atividades complementares (topografia, instalações eletromecânicas e hidráulico-sanitárias, segurança contra-incêndio, estrutura, paisagismo, fatores de conforto ambiental, ...), coordenadas e orientadas em função das determinações do projeto de arquitetura. No Projeto de Execução e Detalhamento o conjunto de informações técnicas da edificação é representado de forma completa e definitiva, sendo, através da linguagem do desenho técnico, um sistema de instruções com todos os pormenores constituintes da obra a ser executada. Após a compatibilização final do projeto das atividades complementares, completa-se o projeto de arquitetura.

A ilustração apresentada ao lado mostra a espiral de progresso do projeto da edificação evidenciando a contribuição relativa de cada fator em cada fase do projeto.

## Os Sistemas PAC no Projeto de Arquitetura

As principais aplicações nas quais vem sendo utilizado o PAC são as seguintes: auxílio à representação, instrumento de gerenciamento e meio de visualização.

(12) Com o auxílio do PAC algumas dessas atividades podem passar de sequenciais para simultâneas



A Espiral do Projeto  
Contribuição de cada disciplina por etapa (adaptado de Hubka)

## **Instrumento de auxílio ao projeto e ao desenho**

Na Definição do Programa algumas informações de referência de caráter gráfico já podem ser armazenadas em meio magnético, possibilitando a análise de alternativas para a definição do partido arquitetônico diretamente sobre os dados levantados. Como ilustração podemos citar o uso de informações geográficas e topográficas no estudo da implantação de um conjunto de edificações.

No Estudo Preliminar, o PAC facilita a aceleração da espiral do projeto para algumas partes do projeto uma vez que proporciona o detalhamento de alguns elementos simultaneamente à sua concepção, permitindo a incorporação de maior quantidade de informações e um aprofundamento construtivo para a solução obtida. A facilidade de representação proporcionada pelo PAC permite ao arquiteto a incorporação de algumas idéias no momento em que elas aparecem, como por exemplo a avaliação cromática da proposta preliminar.

No Anteprojeto a solução geral do projeto pode surgir inter-relacionada com outras atividades técnicas, uma vez que o PAC possibilita simular alguns detalhes construtivos como por exemplo a paginação de tijolos, ou então analisar graficamente a consistência de projetos com andamento paralelo como é o caso do projeto de estruturas e tubulações.

No Projeto Executivo, o potencial de auxílio do PAC está na possibilidade de automatização de algumas tarefas, como é o caso da representação de elementos repetitivos que aparecem nos desenhos. Além disso, o PAC proporciona o encurtamento dessa etapa em função das possibilidades de aprofundamento do projeto, aproveitadas nas etapas anteriores, bem como pelo aproveitamento da "geometria" do projeto definida na etapa anterior.

Conforme assinalamos nos parágrafos anteriores *o PAC proporciona uma série de benefícios*, porém para poder aproveitá-los é necessário que a dimensão organizacional e a gerencial estejam preparadas. Isto equivale a dizer que, além de existirem os procedimentos gerenciais de uso do PAC, é necessário que os arquitetos usuários do sistema sejam conscientizados da ampliação de sua atuação profissional, *que passa a incorporar novos atributos tanto a nível gerencial, quanto a nível da própria maneira de projetar em arquitetura.*

## **Instrumento de auxílio ao gerenciamento**

A principal questão associada ao PAC como elemento de auxílio ao gerenciamento do projeto está na exploração do seu potencial integrador, isto é nas suas possibilidades em contribuir para a melhoria da eficiência<sup>13</sup> da atividade projetual e para transformar o projeto de seqüencial em simultâneo.

A melhoria da eficiência do projetar pode ser obtida em vários segmentos do projeto conforme será exemplificado:

– O reaproveitamento de elementos já projetados é um benefício real na melhoria da eficiência de um projeto, porém de difícil mensuração. Sua primeira manifestação ocorre dentro do projeto em andamento, quando se aproveita a geometria da concepção global para a elaboração do detalhamento. A contribuição do PAC nesse aspecto ocorre claramente nas construtoras que criaram seu Departamento de Arquitetura para o planejamento dos processos construtivos. A segunda ocorre quando se utiliza concepções de um projeto para outro, introduzindo-se algumas modificações. Esse procedimento está vinculado a uma filosofia de incentivo à padronização e à modularização perfeitamente compatível com a qualidade plástica do objeto construído, uma

vez que sua utilização normalmente se dá num contexto de detalhamento. Algumas construtoras estão adotando esta prática em alguns empreendimentos de maior porte onde a modularização está presente no partido adotado. Um outro caso ocorre em edificações que pela sua natureza sofrem mudanças formais freqüentes, tais como hotéis, agências bancárias e postos de gasolina. Nesses casos a utilização do PAC permite que o novo projeto seja realizado em tempo muito reduzido, passando inclusive a constituir-se numa vantagem competitiva do escritório em relação aos demais.

– A transformação do projeto de seqüencial em simultâneo é uma meta difícil de ser alcançada, principalmente nos projetos de grande porte. O que se consegue é um resultado parcial obtido através do estabelecimento de "elos de integração" entre duas atividades. Seria equivalente ao resultado de uma automação intra-esfera ou interesfera, na qual se consegue a conjugação microeletrônica de duas atividades. Existem vários elos de integração que podem ser viabilizados pelo PAC. O primeiro é o elo entre o projeto de arquitetura e seus complementares, viabilizado pelo intercâmbio de dados gráficos entre os diversos profissionais envolvidos. O ganho está na redução do tempo necessário ao desenvolvimento do projeto, em função de uma antecipação aos problemas possibilitada pelo PAC, resultando na diminuição do número de desenhos que seriam refeitos para obter a compatibilidade entre as diversas disciplinas e no aproveitamento dos desenhos de arquitetura de forma quase integral. Este é, inclusive, um ponto muito importante a ser considerado na escolha do *software* PAC – a compatibilidade entre os *softwares* utilizados pela arquitetura e complementares – sendo muitas vezes o fator determinante de tomada de decisão na escolha do *software*. Outros elos podem ser estabelecidos como por exemplo entre o projeto de arquitetura e a planilha de custo do edifício, através da quantificação automática de materiais e elementos construtivos; ou como no caso do elo entre o projeto de arquitetura e o projeto de condições de insolação.

### **Instrumento de visualização**

A principal utilidade do PAC nesse aspecto é o seu poder de comunicação, possibilitando um entendimento da solução projetada por quem não possui conhecimentos técnicos de representação em arquitetura, melhorando a interação do arquiteto com o cliente e com a obra. Sua primeira contribuição se verifica entre os próprios arquitetos dentro da equipe do projeto, que passam a ter mais elementos para avaliar a plasticidade do seu projeto utilizando-se dos recursos de perspectiva, sombras, insolação, etc. Como o grau de compreensão obtido muitas vezes é comparável ao de uma maquete, esses recursos servem para mostrar ao cliente o projeto, bem como co-optar sua participação no projeto de forma pró-ativa.

### **Conclusões**

O setor de construção habitacional apresenta um quadro de mudanças semelhante ao que está em curso na indústria de manufatura, o que permite analisá-lo utilizando-se conceitos e metodologias desenvolvidas para a manufatura.

A principal contribuição desse trabalho está na metodologia de abordagem do PAC, na qual são consideradas as dimensões gerencial e organizacional para o entendimento da implantação dessa tecnologia e a identificação dentro da

(13) A eficiência do PAC, baseada em parâmetros quantitativos do tipo "número de pranchas por dia", pouca representatividade tem como instrumento de avaliação. O uso do PAC na elaboração de desenhos só traz benefícios tangíveis em atividades de modificação de desenhos

progressão do projeto arquitetônico das atividades representativas dessas dimensões.

É importante ressaltar que este entendimento é que proporcionará ao profissional de arquitetura modificar os seus métodos de projeto explorando as possibilidades oferecidas pelo PAC e ampliando seu escopo de atuação.

## Bibliografia

- AMORIM, S. R. L. *O arquiteto e a construção civil – um estudo da participação dos arquitetos na produção do ambiente artificial habitável e sua adequação à esta produção*. Rio de Janeiro, 1981. Dissertação (mestrado) – UFRJ.
- ANDREANSEN, M.; HEIN, L. *Integrated product development*. U. K.: IFS Publications, 1987
- BEITZ, W.; PAHL, G. *Engineering design: a systematic approach*. London: The Design Council, 1988.
- BUTERA, F. *Dalle occupazioni industriali alle nuove professioni*. Milano: RSO / Franco Angeli, 1987
- COBRACON. Norma para elaboração de projetos de edificações. Arquitetura, Procedimento. São Paulo, *Revista Projeto*, n. 125.
- CORBETT J., RASMUSSEN, L., RAUNER, F. *Crossing the border: the social and engineering design of computer integrated manufacturing systems*. London: Springer-Verlag, 1991.
- COYNE, R. "The impact of computer use on design practice" In: *CAAD Futures '91*. Zurich, Vieweg. 1992.
- EEKELS, J. "On strategy and engineering design". In: *Proceedings of the 1987 International Conference on Engineering Design*, v. 1, p. 187-194, New York, ASME, 1987
- FLEURY A., VARGAS, N. *Organização do Trabalho*. São Paulo: Atlas, 1983.
- HAYES, R., WHEELWRIGHT, S., CLARK, K. *Dynamic manufacturing: creating the learning organization*. New York: Free Press. 1988.
- JAKOBSEN, K. "The inter-relation between product shape, material and production method" In: *Proceedings of the 1989 International Conference on Engineering Design*. Zurich, Heurista. 1989. p. 775-784.
- KAPLINSKY R. *Automation: the technology and society*. London: Longman. 1984.
- NAVEIRO, R. *Uma integração necessária: projeto e fabricação na moderna manufatura*. São Paulo. 1992. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo.
- NAVEIRO, R., PEREIRA, I. "Cluster analysis and shape classification – a method for design standardization improving" In: *Proceedings of the 1991 International Conference on Engineering Design*, Zürich, Heurista, 1991.
- O'GRADY P., YOUNG, R. "Issues in concurrent engineering systems" *Journal of Design and Manufacturing*. v. 1, n. 1, p. 27-34. London. Chapman & Hall, 1991.
- OLIVEIRA, V. F. *A implantação de sistemas CAD em empresas de engenharia*. Rio de Janeiro, 1993. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PLONSKI, G. *As empresas de serviços de engenharia no Brasil: do CAD à engemática*. São Paulo. 1987 Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo.
- PROCHNIK, V. *O macro complexo da construção civil*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia Industrial, texto para discussão n. 107. 1987
- RADER, M., WINGERT, B.; RIEHM, V. (org.) *Social science research on CAD/CAM*. Heidelberg: Physica-Verlay, 1988.
- SCHEER, A. *Enterprise-wide data modelling: informations systems in industry*. Berlin: Springer-Verlag, 1989.

- SILVA, E. *Uma introdução ao projeto arquitetônico*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1991.
- SOLINHO, J. L. G. *A implantação de sistemas CAD: uma abordagem em três dimensões*. Rio de Janeiro, 1993. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rio de Janeiro.
- TOZZI, C. *Projeto auxiliado por computador*. Campinas: Papirus/Unicamp, 1986.
- WHEELRIGHT, S., HAYES, R. "Competing through manufacturing" *Harvard Business Review*. v. 63, n. 1, p. 99-109, Boston, 1985.
- YEOMANS, R., CHOUDRY, A., TEN HAGEN, P (org.) *Design rules for a CIM system*. Amsterdam: Elsevier, 1985.

Este artigo foi elaborado em co-autoria com a arquiteta Florencia Chapuis (mestranda da FAU/UFRJ)

\*\* Engenheiro Mecânico. DSc. pela FAUUSP Professor Adjunto da Escola de Engenharia e da COPPE/UFRJ nas áreas de Projeto do Produto e Modernização Industrial.