

# CONTRIBUIÇÕES DA INFORMATIZAÇÃO À GESTÃO DO CICLO DE VIDA: POSSIBILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## COMPUTERIZATION CONTRIBUTIONS TO LIFE CYCLE MANAGEMENT: POSSIBILITIES IN CONSTRUCTION

**FILHO, Eduardo Romeiro**

Designer, DSc. Engenharia de Produção

Professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção

Laboratório Integrado de Design e Engenharia do Produto

Universidade Federal de Minas Gerais.

Email: romeiro@ufmg.br

## RESUMO

As empresas vêm investindo pesadamente em sistemas informatizados de apoio às diferentes etapas dos processos de projeto e produção, desde a década de 1960. Entretanto, os resultados são muitas vezes frustrantes, em especial quando estas empresas não reconhecem nas novas ferramentas uma oportunidade de revisão de diversos conceitos organizacionais e gerenciais. Este problema é especialmente sensível no setor da construção civil, que sofreu os impactos da implantação muitas vezes pouco estruturada de novas tecnologias de projeto, como sistemas CAD (Projeto Auxiliado por Computador) ou PLM (Gestão do Ciclo de Vida do Produto). Avaliar alguns destes aspectos e levantar elementos que contribuíssem para sua discussão são os objetivos deste artigo.

**Palavras-chave:** Construção Civil, Engenharia Simultânea, CAD (Computer Aided Design), Gestão do Ciclo de Vida do Produto.

## ABSTRACT

Since 1960's, companies are increasing the investment and effort in the adoptions of computer systems to support different stages of product development and production. However, the results are frustrated almost times, especially when this companies do not understand the new tools as an opportunity to revise and improve various principles of company management and structure. This problem is especially important in the Civil Construction, which suffer the impact of no structured process of implementation of new project technology as CAD (Computer Aided Design) and PLM (Product Lifecycle Management) systems. To evaluate some aspects of this situation and expose some elements to contribute to the discussion about this is the main goal of this paper.

**Keywords:** Civil Construction, Concurrent Engineering, CAD (Computer Aided Design), Product Lifecycle Management.

## INTRODUÇÃO

A área de projetos em uma empresa é basicamente responsável, segundo a diretriz 2210 da VDI (Verein Deutscher Ingenieure, Associação dos Engenheiros Alemães), citada por Romeiro et al. (2010), pela elaboração de novos projetos, adaptação de já existentes, projetos de variações e projetos normalizados e fixos. O processo de elaboração de projetos pode ser subdividido em concepção, desenvolvimento e detalhamento, de forma análoga ao observado em projetos de construção civil. Esta visão acerca do processo projetual, apesar de pertinente, nos parece demasiadamente simplificada. Sendo assim, torna-se interessante uma investigação um pouco mais profunda das funções do projeto em setores como o da Construção Civil, bem como das diferentes metodologias e ferramentas utilizadas para a concepção de edificações, colocadas aqui de maneira bastante ampla.

O desenvolvimento do projeto consiste basicamente na transformação de idéias e informações em representações bi ou tridimensionais. A atividade principal de transformação ocorre entre um estágio inicial de busca de informações, assimilação, análise e síntese; e um estágio conclusivo no qual as decisões tomadas são organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação e arquivamento dos dados e a fabricação do produto. No caso específico da construção civil, a “fabricação do produto” possui características extremamente peculiares, que tornam a produção civil inerentemente mais complexa do que, por exemplo, a fabricação de produtos em série. Estes fatores decorrem especialmente da extrema variabilidade verificada na construção civil, onde fatores como clima, materiais, condições de solo e mão-de-obra são fatores determinantes para o sucesso do empreendimento.

Por longo tempo tentou-se implantar, na construção civil, princípios de produção tayloristas (FLEURY e VARGAS, 1983, BARROS e MENDES, 2003, TEJADA, 2001), sem grande sucesso. É comum atribuir as limitações verificadas nestas tentativas como relacionadas a fatores como a qualidade e disponibilidade de mão-de-obra. Este tipo de explicação nos parece demasiadamente simplista e confortável, no sentido que transfere para fora do escopo da engenharia de projeto parte da responsabilidade sobre os resultados alcançados, lançando esta para a sociedade como um todo e utilizando argumentos muitas vezes genéricos (“é necessário investir em educação”, “a qualificação dos operários é muito baixa”, “o trabalhador da construção civil é a base da pirâmide social” etc.), que pouco contribuem para a solução do problema.

O caminho para a solução deve estar, a partir de nosso ponto de vista, na análise da situação real vivida pelo setor, seus recursos e potencialidades, sem a importação direta de modelos de outros setores, em especial dos sistemas de produção seriada, que possuem características inerentemente distintas. O mesmo pode-se dizer em relação às áreas de projeto que, em última análise, são responsáveis pela definição das características do produto, bem como pela sua adequação aos meios de produção utilizados.

Sendo assim, pode-se dizer que é essencial a utilização de novas ferramentas de projeto, como sistemas CAD (neste caso já difundido entre as empresas) e princípios de Engenharia Simultânea ou Produção Enxuta. Entretanto, estas devem ser encaradas a partir de uma abordagem que privilegie as características peculiares da construção civil, em um sistema de gestão do ciclo de vida do produto (Product Lifecycle Management). Neste cenário, este artigo tem por objetivo fornecer subsídios à discussão sobre o tema, sem a pretensão de esgotá-lo ou trazer pontos de vista definitivos.

## COMPUTER AIDED DESIGN

Computer Aided Design (CAD), expressão da língua inglesa que pode ser traduzida como "Projeto Assistido por Computador", é, se considerado de forma bastante ampla, uma tecnologia multidisciplinar, um conjunto de ferramentas utilizadas por todas as áreas

em que existe uma forma desenvolvida de interação do computador digital à atividade de projeto, bem como ao controle e gestão deste processo (FIGUEIREDO e ROMEIRO, 2011, ROMEIRO, 1997). Há autores que consideram os sistemas CAD como uma forma de auxílio às etapas do projeto ligadas à aspectos gráficos. Este conceito parece mais apropriado aos tipos de sistemas de auxílio ao desenho, denominados Computer Automatic Drafting ("Desenho Automático por Computador"), também CAD (neste trabalho, porém, é utilizado um conceito mais amplo de CAD, ligado à atividade de projeto como um todo).

Para que se compreenda perfeitamente as questões ligadas aos sistemas CAD e às formas de seu funcionamento, limites e potencialidades, é necessário levar em consideração que estes sistemas foram criados originalmente visando sua utilização pela indústria metal-mecânica, especificamente em setores onde havia a necessidade de grande número de desenhos de alta precisão, como a indústria aeronáutica. Historicamente, o conhecimento neste tipo de atividade industrial se desenvolveu através de desenhos, que formavam bancos de dados gráficos, e de processos de mecanização, que possibilitaram avanços no processo projetual. Os sistemas CAD voltados para este setor industrial estão, portanto, dirigidos para facilitar a confecção de desenhos (draw), e não a concepção (design). Existe uma série de dúvidas e equívocos quanto à utilização de siglas relacionadas às formas de utilização de sistemas informatizados nos meios de produção. Na verdade, estas siglas podem ser consideradas mais como fruto de questões de natureza mercadológica do que de uma real necessidade de diferenciação entre sistemas. As diferentes formas de tecnologia ligadas ao projeto auxiliado por computador trouxeram uma dificuldade adicional para sua compreensão e, muitas vezes, seu uso. A utilização de diferentes siglas, como CAD, CADD, CAPP, CAE, CAM etc., na maior parte das vezes confunde os usuários e representa mais uma estratégia mercadológica do que sistemas de diferenças consistentes.

O CAD desde sua origem poderia ser definido como "a utilização de um sistema computacional para o auxílio na criação, modificação, análise e/ou otimização de um projeto" (GROOVER & ZIMMERS, 1984), podendo interagir junto a sistemas de automação da produção, como o CAM (Computer Aided Manufacturing), que utiliza computadores e equipamentos de controle numérico nos processos de produção. Esta é, sem dúvida, uma das principais características e potencialidades dos sistemas CAD até hoje: uma maior integração entre duas áreas tradicionalmente isoladas como o setor de projetos e a produção, característica que é vista como essencial para a "produção do futuro". Todas as diretrizes produzidas pelo CAD são transformadas em um programa que será executado pelo CAM, ou seja, o CAD analisa, programa e demonstra na tela do computador o novo produto e o CAM, através de máquinas de controle computadorizado, executa sua fabricação (Cunha e Silva, 2008). Com efeito, o CAD tem contribuído para progressos no setor de construção civil, tornando os projetos mais detalhados e reduzindo a variabilidade em sistemas de construção. Suas aplicações são evidentes, por exemplo, na integração entre projeto e produção de construções em estrutura metálica e utilização de novos materiais em construção civil.

## **ENGENHARIA SIMULTÂNEA**

A Engenharia Simultânea (também denominada concorrente ou paralela) pode ser considerada, segundo Costa (1994), como "Uma metodologia para desenvolvimento de projetos que propõe a realização de muitos processos pertencentes ao ciclo de vida do produto de forma simultânea (paralela), usando um time de projeto multidisciplinar e dinâmico e ferramentas automatizadas para a realização dos processos componentes." Por "time de projeto multidisciplinar e dinâmico" deve-se entender: um determinado conjunto de pessoas com conhecimentos em várias áreas concernentes ao projeto em

desenvolvimento, que é alocado para vários projetos ao mesmo tempo, independentemente da estrutura organizacional da empresa.

Reimann (1992) afirma que “Engenharia concorrente é um método sistematizado para o projeto concorrente e integrado de produtos com seus processos, incluindo produção e suporte. Esta abordagem procura considerar, em princípio, todos os elementos do ciclo de vida de um produto, da concepção até a distribuição”. Neste caso, o projeto possui um enfoque voltado para seu papel como elemento de ligação entre os diferentes setores da empresa, como marketing, produção, compras etc. O produto assume desta forma o papel de função central da empresa, elemento fim e principal objetivo da manufatura. Dowlatshahi (1994) apresenta cinco enfoques básicos para a Engenharia Simultânea:

- Desenvolvimento de algoritmos e softwares adequados à integração das diferentes informações de manufatura;

- Integração através de aplicações CAD/CAM, com o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento baseados no conhecimento (knowledge-based management system - KBMS);

- Consideração do design como princípio de projeção do ciclo de vida do produto como um todo;

- A montagem como uma função integrativa e interativa de todas as funções da manufatura;

- Ênfase em aspectos culturais e organizacionais como forma de criação de uma efetiva interação entre projeto e manufatura.

A crescente importância do setor de projetos nas indústrias de produção seriada pode ser explicada também pelo próprio processo de crescimento econômico brasileiro verificado desde 2003. Historicamente, os períodos de crescimento sempre foram caracterizados pela incorporação de novos mercados consumidores, representados no Brasil pelo crescimento da classe média. Estes novos consumidores não parecem dispostos a aceitar habitações de baixo nível de qualidade a alto custo. Ao mesmo tempo, consumidores de classe média alta e alta passam a representar um novo paradigma de exigência em termos de novas soluções de conforto, redução de consumo energético e visão sustentável para habitações. Pode-se dizer que a indústria da construção no Brasil passa por um processo onde a eficiência do processo e a qualidade do produto são fatores cada vez mais relevantes.

Neste cenário, é essencial que o processo projetual esteja adequado às necessidades colocadas pelos novos padrões da concorrência. Neste sentido, a adoção de procedimentos que levem à engenharia simultânea atende à redução dos períodos de elaboração de novos projetos. Entre os preceitos básicos da Engenharia Simultânea está a informatização e interligação das várias etapas de um projeto visando à otimização da troca de informações entre os diversos membros, ou entre as diversas equipes de projeto.

Os sistemas CAD aparecem como fundamentais para implantação da engenharia simultânea, atuando como ferramenta de aplicação das modificações propostas ao ciclo projetual. Para que esta situação seja viabilizada, é necessário que o sistema CAD esteja inserido dentro de um projeto amplo de agilização do fluxo de informações pela empresa.

## **A GESTÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO**

Em muitas empresas observa-se a perda de informações e do conhecimento gerados em diversas etapas do processo projetual e de produção, o que acaba por determinar resultados sempre inferiores ao potencial representado pelo grupo de profissionais envolvidos. Este deve ser entendido não como estando restrito à equipe formal de projeto, mas englobando todos aqueles que mesmo que indiretamente contribuem ao desenvolvimento projetual, como os demais setores da empresa, o pessoal da obra, clientes finais etc.. A estrutura empresarial e de gerenciamento do projeto nas empresas

demonstra não estar preparada para estabelecer protocolos de acesso convenientes a todos os participantes do projeto em níveis de informação e interação adequados a efetiva integração. Desta forma, a eficiência destes sistemas como suporte à atividade projetual é reduzida, visto que não apropriada a uma forma real de trabalho projetual, mas sim a sua forma prescrita por um sistema de natureza burocrática. As formas de agregação de diferentes expressões de conhecimento ao conjunto de normas de projeto da empresa, dentro do conceito de Engenharia Simultânea (o que constitui-se em um aspecto fundamental para aplicação de sistemas CAD) acaba assim sendo desprezado e/ou ignorado, tornando os resultados das aplicações CAD inferiores ao potencial tecnológico representado pelos sistemas.

Devido à competitividade do mercado, a melhoria do processo de desenvolvimento de produto com a adoção da Engenharia Simultânea vem sendo um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas. Isto significa lançar produtos no mercado em uma maior frequência, em um menor tempo (time-to-market) e com a qualidade exigida pelos clientes. A fim de atingir esses requisitos, muitas empresas adotam métodos e técnicas da Engenharia Simultânea para tentar melhorar seus processos de engenharia, assim como sistemas de informação. O emprego de sistemas de apoio à gestão do ciclo de vida dos produtos, conhecidos como sistemas PLM (Product Lifecycle Management, ou Gestão do Ciclo de Vida do Produto) é de suma importância para organizar e agilizar o desenvolvimento de novos produtos. O PLM, de acordo com CIMDATA (2008), é guiado por três conceitos fundamentais:

- a) manter a integridade do produto a definição e as informações relacionadas ao longo da vida do produto;
- b) manter as informações do produto universais e seguras;
- c) garantir a gestão e manutenção dos processos empresariais utilizados para criar, gerenciar, divulgar, partilhar e utilizar a informação.

As necessidades de gerenciamento de dados do produto dependem muito das características da empresa. A evolução e experiências anteriores indicam que muitos sistemas têm evoluído para satisfazer as necessidades não só de grandes empresas, mas também para as pequenas e médias empresas de todos os tipos. Esta evolução é um sinal incontestável da aceitação geral do mercado da tecnologia de gestão de dados e do Product Lifecycle Management (PLM), o qual possui como elementos: tecnologias e normas (visualização, colaboração, Enterprise Application Integration etc.), informações e ferramentas de análise (técnica e editorial), funções essenciais (documentos e gestão de conteúdos, gerenciamento workflow, gestão classificação, e programa de gestão), além de integração com outros processos de negócios como o Customer Relationship Management (CRM) e Supply Chain Management (SCM) (CIMDATA, 2003). Não há dúvida de que as extensas capacidades fornecidas pelos muitos dos atuais sistemas PDM's e PLM's têm permitido empresas, em muitos segmentos industriais, um melhor controle e potencializar seu desenvolvimento, para reduzir custos, aumentar a qualidade e reduzir tempo de entrega (CIMDATA, 2008).

## **A PRODUÇÃO “ENXUTA”.**

No início dos anos 1980, o carro mais vendido no mercado americano era japonês, o Toyota Corolla, o que assustou sobremaneira a indústria americana em geral e, naturalmente, a automobilística em particular. Foram muitas as análises realizadas acerca deste fenômeno (a tomada do mercado americano por automóveis japoneses), a maioria atribuindo o sucesso japonês às "revolucionárias" formas de gerenciamento da produção adotadas, à qualidade de seus produtos e à intensa informatização de sua produção. Uma análise mais criteriosa, entretanto, deve levar em consideração que as

"revolucionárias técnicas de produção" dos japoneses não são mais do que as técnicas criadas pelos próprios americanos. As bases do sucesso japonês parecem dessa forma estar, em verdade, no sofisticado, rigoroso e eficiente sistema educacional e nos altos níveis de flexibilidade e qualidade atingidos pela indústria, bem como em suas formas peculiares de organização.

Womack et al. (1992) e Womack e Jones (1994) analisam, de maneira bastante extensa e detalhada, o funcionamento da indústria automobilística em nível mundial, levantando as principais diferenças entre os vários processos de produção. Identificam um novo processo, mais eficiente do que a produção em massa, que denominam "Produção Enxuta" (No original americano, "lean", ou seja, "magro", "sem gorduras", "enxuto", "desprovido de supérfluo"), modelo de produção que é denominado por outros autores, como Coriat (1994), de "Ohismo" ou "Toyotismo". Este tipo de produção é caracterizado por diferenças gerenciais e organizacionais em relação à produção em massa tradicional, muito mais do que por avanços puramente técnicos. Segundo os autores, a produção enxuta vem se desenvolvendo desde os anos sessenta, atingindo resultados surpreendentes, que chamam a atenção especialmente a partir do acentuado aumento na participação de automóveis de fabricação japonesa no mercado interno norte-americano, a partir do início dos anos 80.

Pode-se observar (sem, entretanto, ainda indicar uma relação direta) que esta invasão coincide com notórios avanços em automação industrial, especialmente na indústria automobilística. Ora, a partir disso, pode-se supor que a vantagem competitiva representada pela produção enxuta foi impulsionada, ou multiplicada, pela aplicação da informática. Pode-se dizer que o avanço da indústria automobilística japonesa, embora baseado na organização e em formas de competência peculiares ao Japão, teve na utilização da informática uma alavanca para o definitivo sucesso. Neste caso, torna-se clara uma regra básica da informática: a de que os computadores não resolvem problema algum, e não trazem em si soluções miraculosas. Apenas funcionam como aceleradores, ou multiplicadores das soluções existentes.

## **O PENSAMENTO ENXUTO E A ENGENHARIA SIMULTÂNEA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.**

Como no caso das práticas tayloristas, procurou-se, desde a década de 1990, avaliar os possíveis impactos do "Pensamento Enxuto" (Produção e Projeto Enxutos) na Construção Civil. A principal contribuição neste sentido parece estar nos diversos trabalhos de Koskela (1992, 1993) e Koskela e Howell (2002), que relaciona os aspectos considerados determinantes para a passagem do setor para um novo patamar de eficiência técnica. Branco (2004) avalia os impactos da "Construção Enxuta", a partir da verificação dos princípios definidos por Koskela em empresas da construção civil em Minas Gerais, no Sub-setor Edificações.

Parece-nos existirem nestes casos riscos e oportunidades. Como os próprios autores citados alertam, não basta apenas transferir experiências, mas avaliar as oportunidades de aplicação de novos conceitos aos processos de projeto e construção. Neste caso, a integração proposta pela Engenharia Simultânea e possibilitada pela aplicação intensiva de sistemas CAD para que se atinjam os objetivos do Pensamento Enxuto somente será efetiva se for realizado um efetivo diagnóstico anterior da situação existente. Este diagnóstico poderá ser feito por setor, região, tecnologia utilizada, tipo de construção, mas certamente demonstrará a necessidade de soluções específicas caso a caso, a exemplo do que ocorre com a indústria de produção seriada. Chama-se aqui mais uma vez a atenção para as particularidades e variabilidade intrínseca existente na construção civil, que determinam formas específicas de aplicação das novas ferramentas e adequação dos métodos à realidade dos processos de construção.

Mesmo que existam ganhos de tempo e/ou eficiência no desenvolvimento de

projetos, estes ocorrem muito mais em função da mera aceleração via automação de determinados procedimentos, como as atividades ligadas ao desenho, do que de um programa estruturado de modernização da atividade projetual como um todo. Ora, se um dos pressupostos da Engenharia Simultânea e do PLM é uma real integração das informações de projeto geradas pelos diferentes atores envolvidos, o sistema CAD pode fornecer subsídios para esta integração. Entretanto, não são observadas significativas vantagens advindas de um incremento dos meios de circulação da informação através do sistema CAD. Pressupõe-se que a partir da utilização de sistemas CAD a empresa passe a apresentar resultados superiores em termos de atividade projetual e, mais especificamente, em termos de gerenciamento de informações referentes a projeto. Ora, certos procedimentos típicos (como por exemplo, a circulação de informação e o tempo gasto para busca de dados referentes ao projeto, ou mesmo o tempo despendido para re-trabalho em casos de “perda” de arquivos referentes à atividade projetual) podem ser indícios claros de que os problemas referentes à integração da atividade projetual não atinge seus objetivos. Desta forma, pretende-se demonstrar que a implantação de sistemas CAD através de estratégias pouco elaboradas e desenvolvidas, que desprezam o potencial oferecido pelo sistema como elemento de integração no processo projetual, acabam por oferecer soluções pouco ou nada eficientes. Nestes casos, a reestruturação da empresa e de seu processo projetual torna-se mais importante e mais urgente do que a larga utilização de novas tecnologias.

## CONCLUSÕES

É um preceito básico a existência de uma interface eficiente entre as diferentes equipes de projeto e entre estas e os responsáveis pela produção (e pela avaliação pós-ocupação). Isto permite que o projeto seja realizado através de processos interativos, isto é, que a troca de informações seja realizada em tempo hábil e de forma eficiente, reduzindo o dispêndio necessário para o desenvolvimento de projetos. A existência de uma base de dados consistente permite que exista comunicação constante entre os envolvidos no desenvolvimento do projeto, de forma a que sejam reduzidos ou mesmo eliminados problemas como a geração de dados não compatíveis ou redundantes.

O projeto de edificações é normalmente realizado em várias fases, através da interação de diferentes grupos, de diversas competências. A realização de projetos de grande porte é muitas vezes dificultada por questões ligadas a problemas de comunicação e isolamento físico e/ou organizacional das diferentes equipes. Uma alternativa utilizada está na centralização da atividade de projeto em pequenos grupos, fisicamente concentrados, de forma a proporcionar ostensivo contato pessoal, tornando o processo de comunicação imediato e bastante informal.

Entretanto, a partir da crescente sofisticação tecnológica observada nos projetos, bem como pelo maior detalhamento exigido e maior número de variáveis consideradas (como o projeto para produção e as novas exigências ligadas à sustentabilidade), torna-se inviável na prática o domínio das informações pertinentes ao desenvolvimento do projeto por uma só pessoa ou mesmo por um pequeno grupo. Além disso, as informações geradas na concepção do projeto devem estar acessíveis aos responsáveis pela definição e planejamento dos meios de produção o mais rápido possível. O processo projetual é realizado através da interação entre diversos atores, que possuem normas de ação e formas de procedimentos muitas vezes distintos, sendo constituído por um conjunto de competências, através de um trabalho sempre coletivo. Sua eficiência cresce à medida que as formas de interação entre os diferentes grupos são facilitadas e/ou incentivadas. Essa interação ocorre muitas vezes a despeito de estruturas organizacionais montadas com vistas à separação e limitação de competências em departamentos estanques.

Na engenharia simultânea, o trabalho entre diferentes equipes é viabilizado por uma rígida padronização de procedimentos, de forma a possibilitar que todos os envolvidos possam se entender na prática, evitando a perda de tempo e a desperdício de recursos de forma desordenada. As dificuldades de gerenciamento de projetos naturalmente crescem na direta proporção da quantidade de pessoas envolvidas e sua complexidade tecnológica. A engenharia simultânea tem como pressuposto fundamental a realização de diferentes fases do processo projetual (incluindo, além do projeto arquitetônico, outros projetos envolvidos e processos de produção) de uma forma mais ágil (em especial em casos que envolvam grandes grupos de projetistas) e/ou ao mesmo tempo. Para que isto efetivamente ocorra, entretanto, é necessário que exista um eficiente sistema de troca de informações entre os participantes do projeto, seja em nível de grupos ou equipes de trabalho como entre empresas responsáveis por diferentes sub-projetos. Uma eficiente comunicação permite a redução do número de erros e evita a repetição de tarefas, algumas das maiores fontes de perda de tempo e de prejuízos durante o projeto "convencional". De forma análoga, mas aprofundada, os sistemas PLM propõe que todas as informações geradas durante o ciclo de vida do produto sejam fontes de informação para novos projetos, trazendo uma série de melhorias a partir do aprendizado com projetos passados. Este aprendizado é normalmente feito ao longo do tempo, de maneira intuitiva, mas em especial por aqueles que lidam diretamente com os sistemas de produção, como engenheiros envolvidos com trabalho em campo. O problema está, em nossa opinião, diretamente ligado aos processos de divisão de tarefas e de etapas do processo construtivo, que muitas vezes não prevêem sistemas eficientes de comunicação entre o pessoal de campo e a equipe de projeto. O mesmo pode-se dizer de avaliações pós-ocupação. Neste caso, a adoção de um sistema PLM poderia trazer inúmeros benefícios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Paloma Castro da Rocha e MENDES Ana Magnólia Bezerra. Sofrimento psíquico no trabalho e estratégias defensivas dos operários terceirizados da construção civil. *Psico-USF*, v. 8, n. 1, p. 63-70, Jan./Jun. 2003

BRANCO, Luiz Antônio M. N., 2004. Uma Análise dos Impactos da Certificação de Qualidade em Empresas de Construção Civil na Perspectiva da Construção Enxuta. Dissertação M.SC. Engenharia de Produção. Belo Horizonte: PPGEP/EE/UFMG.

CIMDATA. Global Leader in PLM Consulting. PLM. Disponível em: <<http://www.cimdata.com/plm.html>>. Acesso em: 25 set. 2008.

CIMDATA. PDM to PLM: Growth of an Industry. A CIMDATA Market Report. Março de 2003. Disponível em: <<http://www.cimdata.com/>>. Acesso em: 3 out. 2008.

CORIAT, Benjamim, 1994. Pensar pelo Avesso: O Modelo Japonês de Trabalho e Organização. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ / Revan.

COSTA, Clayton Pires da, 1994, "Reengenharia do processo de desenvolvimento de produtos baseada em engenharia simultânea e na tecnologia Workgroup Computing". In: Anais do 5º Congresso Nacional de Automação - CONAI'94 (CD Rom) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.

CUNHA, Fernanda Albuquerque e SILVA, Jarina dos Passos. A utilização de ferramentas de suporte ao desenvolvimento de produtos e de gerenciamento da informação em uma fornecedora da cadeia automotiva. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Produção) – Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

DOWLATSHAHI, Shad, 1994, "Comparison of Approaches to Concurrent Engineering". In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology v 9 n 2. p 106-113.

FIGUEIREDO, A.C., ROMEIRO FILHO, E. As práticas de sistemas CAD e sua contribuição: um survey na indústria metal-mecânica mineira. Produção (São Paulo. Impresso). , v.21, p.1 - 11, 2011.

FIGUEIREDO, A. C.; LACERDA, D. C.; ROMEIRO Filho, E. A Implantação de Sistemas Informatizados de Apoio ao Projeto e Seus Principais Problemas: um Estudo a partir do Ponto de Vista dos Fornecedores. In: Anais do II Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2º COBEF. Uberlândia: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 2003.

FLEURY, L. e VARGAS, N. 1983. Organização do Trabalho. São Paulo: Atlas.

GROOVER, M.P.e ZIMMERS Jr, E.W. 1984. CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 489pp.

KOSKELA, L. 1992. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report #72. Center for Integrated Facility Engineering. London: Standford University.

KOSKELA, L. 1993. Lean Production in Construction. Proceedings 1o. Annual Conference International Group for Lean Construction. Espoo, Finland.

KOSKELA, L. BALLARD, G. TANHAUANPAA, V. 1997. Towards Lean Design Management. Proceedings 5o. Annual Conference International Group for Lean Construction. Gold Coast, Australia.

KOSKELA, L. HOWELL, G. 2002. The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods. Proceedings 10o. Annual Conference International Group for Lean Construction. Gramado, Brasil.

REHG, J. A.; KRAEBBER, H. W. Computer-Integrated Manufacturing. New Jersey: Prentice Hall, 2005. 574p.

REIMANN, M. D. e HUQ, F. A., 1992, "Comparative Analisis Approach for Evaluating the Effect that Concurrent Engineering has on Product Life Cycle Cost". In Flexible Automation and Information Management- FAIM (Jul) New York.

ROMEIRO Filho, E. CAD: Implantação e Gerenciamento. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1997.

ROMEIRO Filho, E. et al. Projeto do Produto. Rio de Janeiro: Editora Campus Elsevier, 2010.

SCHEER, August-Wilhelm, 1993, CIM: Evoluindo para a Fábrica do Futuro. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora.

TEJADA, José. Análise da Dicotomia Sofrimento e Prazer na Construção Civil (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração. Porto Alegre: UFRGS, 2001

WOMACK, J.P. e JONES, D.T. 1994. "From Lean Production to Lean Enterprise." In: Harvard Business Review. Vol 72, n. 2 (mar/abr). p. 93 - 105.

WOMACK, James P. et al., 1994, A Máquina que Mudou o Mundo, 4ª reedição. Rio de Janeiro: Editora Campus.