
A interação MRPII–CPM: estudo de caso e proposta de um sistema híbrido

MOACIR GODINHO FILHO

Mestre e Doutor em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos
E-mail: moacir_godinho@uol.com.br

LUCIANO CAMPANINI

Mestrando em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos
Engenheiro de Planejamento e Controle – INEPAR Equipamentos e Montagens S.A.
E-mail: luciano.campanini@inepar.com.br ou lucianocampanini@yahoo.com.br

ROMANO AUGUSTO S. GUERRA VITA

Mestrando em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos
Engenheiro de Planejamento e Controle – INEPAR Equipamentos e Montagens S.A.
E-mail: romano.vita@inepar.com.br

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de utilização híbrida de dois importantes sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP): o MRPII e o CPM. Para conseguir tal objetivo este trabalho realiza um levantamento bibliográfico sobre estes sistemas e suas interações, bem como mostra como acontece a interação entre MRPII e CPM através de um estudo de caso em uma grande empresa com característica de grandes projetos. A importância do estudo de SPCP híbridos, a inexistência na atual literatura de estudos entre sistemas híbridos MRPII – CPM e a ampla possibilidade de aplicação de nossa proposta fazem deste trabalho uma importante contribuição para a literatura dentro da Gestão da Produção. Além disso, a proposta engloba também aspectos de programação da produção, interligando o sistema híbrido MRPII–CPM a uma abordagem de programação da produção que objetiva o atendimento dos prazos de entrega.

Palavras-chave

MRPII, CPM, SPCP híbridos, programação da produção, grandes projetos.

The interaction between MRPII and CPM: a case study and a hybrid system proposal

Abstract

This paper aims to present a proposal of an hybrid production planning and control system (PPCS): MRPII and CPM. In order to accomplish this goal, this paper surveys the literature on MRPII – CPM hybrid systems and shows an example of such system in a case study performed in a large company characterized for large projects. The importance of hybrid systems on modern operations management literature, the non-existence on literature of an study concerning MRPII – CPM hybrid system and the wide range of application of such proposal make this paper an important contribution for Operations Management literature. In addition, our proposal encompasses operations scheduling aspects, linking the MRPII – CPM hybrid system to an operations scheduling approach which aims due dates reliability.

Key words

MRPII, CPM, hybrid PPCS, operations scheduling, large projects.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DO TRABALHO

O estudo de sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP) é um assunto dos mais importantes e recentes dentro da moderna literatura na área de Gestão da Produção. Nas palavras de Corrêa; Gianesi (1996): "...Eles são o coração dos processos produtivos". Definiremos sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP) exatamente de acordo com estes autores, ou seja, os SPCP (sistemas de administração da produção) nas palavras destes autores, são sistemas que provêm informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão-de-obra e equipamentos, a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interfície com os clientes no que se refere a suas necessidades operacionais. Para Vollman *et al.* (1997), os SPCP têm a função de suportar os administradores na função de tomada de decisão.

O estudo de sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP) é um assunto dos mais importantes e recentes dentro da moderna literatura na área de Gestão da Produção.

Para Maccarthy; Fernandes (2000) alguns dos principais e mais utilizados SPCP são o *kanban*, o PBC (*Period Batch Control*), o OPT (*Optimized Production Technology*), o MRP (*Material Requirements Planning*), o MRPII (*Manufacturing Resources Planning*) e o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) / CPM (*Critical Path Method*). Diante de tal diversidade, a questão de como escolher ou projetar o SPCP mais adequado para diversas situações se torna crucial. Esta questão é discutida em uma série de trabalhos, como por exemplo: Goddard (1982); Aggarwal (1985); Ramsay *et al.* (1990); Ptak (1991); Corrêa; Gianesi (1993); Pires (1995); Gstetter; Kuhn (1996); Miltenburg (1997), Little *et al.* (2000) e Maccarthy & Fernandes (2000).

Para diversos autores, dentre eles Corrêa *et al.* (2001); Sipper; Bulfin (1997) nenhum SPCP pode ser considerado panacéia para todos os males. De acordo com Corrêa *et al.* (2001), trabalhar com diferentes lógicas para atender a diferentes necessidades, mesmo dentro de uma unidade produtiva, demanda, muitas vezes, a utilização de forma integrada de mais de um SPCP. A partir destas considerações, estes autores definem sistemas híbridos como sendo SPCP que têm elementos de mais de uma lógica básica,

trabalhando de forma integrada, de modo que cada lógica seja utilizada para oferecer soluções àquelas subunidades para as quais melhor se encaixe.

O presente trabalho tem por objetivo estudar e apresentar uma proposta de um sistema híbrido envolvendo dois importantes SPCP utilizados na área de Gestão da Produção nos dias atuais: o MRPII e o CPM (apesar de a literatura na maioria dos casos tratar os sistemas PERT/CPM de forma conjunta, neste trabalho nos referimos somente a CPM devido aos tempos envolvidos serem determinísticos). Este estudo é feito a partir do levantamento de um referencial teórico a respeito destes sistemas e suas interações e também a partir da realização de um estudo de caso em uma grande indústria de bens de capital. A partir destas duas fontes de pesquisa, conseguiu-se elaborar uma proposta de utilização conjunta do MRPII – CPM que pode ser utilizada em empresas que necessitam de características híbridas de ambas as lógicas. Esta é exatamente a principal

contribuição deste trabalho, uma vez que inexistem trabalhos desta natureza na literatura pesquisada. Além disso, a proposta de interação apresentada também engloba aspectos da programação da produção, interligando o sistema híbrido MRPII–CPM a uma abordagem

de programação da produção que objetiva basicamente o atendimento dos prazos dos clientes.

Primeiramente é apresentado um breve referencial teórico a respeito dos SPCP tratados neste trabalho: o MRPII, (bem como sua evolução, o ERP); e o CPM (dentro de uma abordagem de Gestão de Projetos), além da literatura encontrada a respeito da interação entre estes dois sistemas. A seguir são mostrados os resultados do estudo de caso ilustrativo, e é proposto um modelo referencial teórico desenvolvido a partir do estudo de caso que pretende salientar os pontos importantes da interação MRPII–CPM, mostrando como estes dois sistemas podem trabalhar em conjunto para um aumento da eficiência do sistema de produção. Tecemos, ainda, considerações a respeito de nossa proposta à luz de soluções alternativas de sistemas de informações: os sistemas EAI (*Enterprise Application Integration* – Integração de Aplicativos Empresariais) e APS (*Advanced Planning and Scheduling* – Planejamento e Programação Avançada) e as soluções *best of breed*. Finalmente, são apresentadas as conclusões bem como são sugeridas pesquisas futuras na área.

REFERENCIAL TEÓRICO

O MRP, o MRPII e o ERP

O MRP e o MRPII são os SPCP de grande porte que mais têm sido implementados em empresas de grande porte ao redor do mundo, desde os anos 1970 (CORRÊA; GIANESI, 1996). O MRP permite que, com base na decisão de produção dos produtos finais, seja determinado o que, quanto e quando produzir e comprar os diversos itens semi-acabados, componentes e matérias-primas.

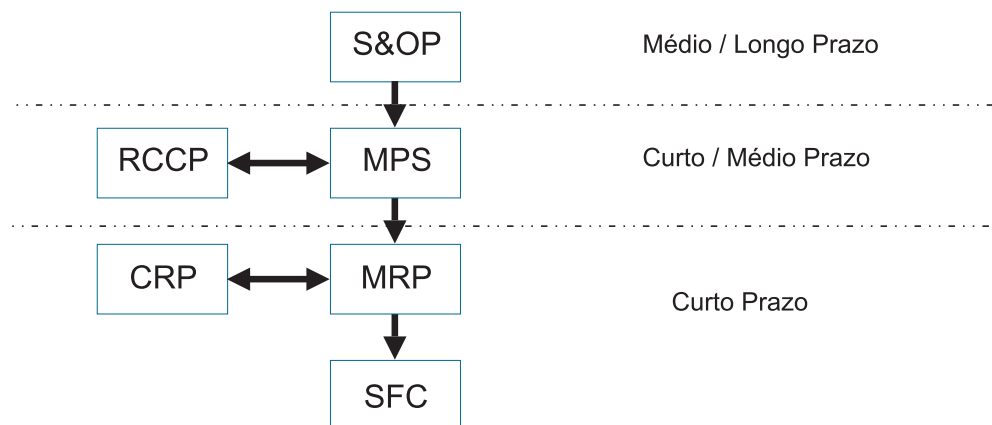
O MRPII é uma evolução do MRP, a qual leva em conta também decisões de capacidade, ou seja, inclui a questão de como produzir às questões já respondidas pelo MRP. O MRPII utiliza uma lógica estruturada de planejamento que prevê uma seqüência hierárquica de cálculos, verificações e decisões, visando chegar a um plano de produção viável em termos de disponibilidade de materiais e de capacidade produtiva. O MRPII é composto de seis módulos principais (estes módulos se relacionam de acordo com a Figura 1):

- módulo de planejamento agregado da produção (*Sales and Operations Planning* ou S&OP);
- módulo de planejamento mestre de produção (*Master Production Schedule* ou MPS);
- módulo de planejamento de capacidade (*Rough-Cut Capacity Planning* ou RCCP);
- módulo de cálculo de necessidades de materiais (*Material Requirements Planning* ou MRP);
- módulo de cálculo de necessidade de capacidade (*Capacity Requirements Planning* ou CRP);
- módulo de controle de fábrica (*Shop Floor Control* ou SFC).

A definição adotada dos horizontes de planejamento (mostrados na Figura 1) é a definição de Fernandes (1991). Para este autor as decisões de curto prazo são aquelas que se encontram num período desde algumas horas até aproximadamente 3 meses. As decisões de médio prazo situam-se num horizonte de 3 a 18 meses (sendo que 12 meses é o mais comum) e as decisões de longo prazo vão desde 18 meses até alguns anos. O módulo S&OP trabalha em um horizonte de planejamento que vai de 12 a 24 meses (CORRÊA *et al.*, 2001); portanto suas decisões encaixam-se no médio e longo prazo. O MPS e o RCCP são módulos cujas decisões se referem geralmente ao curto prazo, porém muitos autores expandem estes módulos para vários meses e portanto para o médio prazo (daí na Figura 1 entendermos estes módulos como de curto/médio prazo). Os outros módulos que constam na Figura 1 estão relacionados à atividades de curto prazo (FOGARTY *et al.*, 1989).

Os sistemas MRPII evoluíram com a finalidade de suportar as necessidades de informação de toda uma organização. Para se conseguir tal objetivo, mais módulos que suportam mais funções foram acrescentados e integrados aos sistemas MRPII, possibilitando um escopo muito maior do que somente a ênfase na manufatura. A partir deste ponto passam então a se denominar sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Planejamento dos Recursos do Empreendimento). Os módulos do ERP se referem às diversas funções nas empresas. Portanto, além dos módulos direcionados a manufatura e a logística (os módulos do MRPII, acrescidos de módulos para a gestão da cadeia de suprimentos como módulos de gestão de rotas de transporte e gestão de materiais), o

Figura 1: A Estrutura hierárquica do MRPII



Fonte: Adaptado de CORRÊA *et al.* (2001)

ERP abrange módulos destinados a finanças (contas a pagar, contas a receber, custos, contabilidade, dentre outros), módulos destinados a gestão de recursos humanos (folha de pagamentos, planejamento de pessoal, treinamento, dentre outros), módulos destinados a vendas e *marketing* (gestão de pedido, gestão de vendas, dentre outros).

Para Yen *et al.* (2002) os *softwares* ERP são, e continuarão sendo, pelo menos na próxima década, os maiores e mais importantes *softwares* aplicativos utilizados nas empresas. Mabert *et al.* (2003a) cita um estudo recente, o qual contabiliza 30000 empresas ao redor do mundo que implementaram sistemas ERP. A literatura disponível sobre o assunto é vasta e continua crescendo. Prova disto são trabalhos recentes publicados em importantes periódicos, como por exemplo Al Mashari *et al.* (2003); NG; IP (2003); Olhager; Selldin (2003); Mabert *et al.* (2003b); Yacobs; Bendoly (2003); Abddinnour-Helm *et al.* (2003); Umble *et al.* (2003); Hunton *et al.* (2003); dentre outros.

Dentre os vários *softwares* ERP disponíveis no mercado, os principais e mais utilizados por empresas brasileiras são o SAP, o ORACLE e o BAAN (YEN *et al.*, 2002 apresenta uma evolução das maiores empresas fornecedores de soluções ERP e seus produtos). Em nosso trabalho o foco é direcionado as funções de manufatura (MRPII) do ERP utilizado pela empresa (BAAN).

A Gestão de Projetos e o CPM

Projeto é definido por Maximiano (2002) como “um empreendimento temporário ou uma seqüência de atividades com começo, meio e fim programados, que tem por objetivo fornecer um produto singular, dentro de restrições orçamentárias”. Esta definição vai de encontro à definição de diversos outros autores (TURNER, 1993; BURKE, 2001; MENEZES, 2001; PMBOK, 2000), os quais salientam que as características básicas de um projeto incluem: i) atividades com início e fim; ii) projetos com etapas determinadas (ciclo de vida); iii) existência de um orçamento limitado; iv) atividades únicas e não repetitivas; v) produto singular; e vi) empreendimento temporário. A empresa estudada neste trabalho tem exatamente estas características.

Já Gestão de Projetos é definida no PMBOK (2000) *apud* Burke (2001) como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas em atividades de projeto com a finalidade de atender às necessidades dos clientes. Para Maximiano (2002), como muitas outras artes, a gestão de projetos sistematizou suas práticas convertendo-se em uma disciplina a partir de um movimento liderado pelo *Project Management Institute* (PMI), o qual produziu o Guia de Conhecimentos sobre a

Gestão de Projetos (PMBOK). Este guia é o documento que sistematiza o campo da gestão de projetos, identificando e definindo os principais conceitos e técnicas sobre gestão de projetos que as pessoas da área devem dominar (um histórico completo da evolução da gestão de projetos encontra-se em BURKE, 2001).

A importância da gestão de projetos vem aumentando consideravelmente nas duas últimas décadas (KERZNER, 2002). Esse autor desenvolve um modelo que determina cinco fases necessárias que as empresas passam no caminho rumo à excelência em gestão de projetos, a qual o autor define como: “a empresa que cria um ambiente na qual existe um fluxo contínuo de projetos gerenciados com sucesso, sendo que este sucesso é mensurado tanto pelo atingimento do desempenho em pontos de interesse da empresa como um todo, como pela conclusão de um projeto específico”. Portanto, aplicar a abordagem de gestão de projetos em atividades de projeto vem sendo visto como uma ferramenta em prol do aumento da competitividade das empresas que têm estas características. Para facilitar a introdução desta abordagem nas empresas, usa-se dividir o projeto em uma seqüência de fases; estas fases, que vão do começo ao fim do projeto, são denominadas ciclo de vida de um projeto (MAXIMIANO, 2001). A maioria dos autores na área costuma dividir o ciclo de vida de um projeto em quatro fases principais: i) fase da iniciação ou fase conceitual: nesta fase se inicia o projeto pelo estabelecimento de uma oportunidade; ii) fase do projeto ou do planejamento: nesta fase a proposta de trabalho, já aprovada, é detalhada por meio de um plano de execução; iii) fase da implementação, da construção ou ainda fase da execução: nesta fase o produto é elaborado; iv) fase da conclusão ou da entrega: nesta fase o projeto é entregue ao cliente. Os projetos da empresa estudada neste trabalho passam por todas estas fases, porém o escopo de nosso trabalho encontra-se nas fases ii) e iii), nas quais é utilizado o PERT/CPM (BURKE, 2001), um dos dois SPCP discutidos neste trabalho.

O PERT e o CPM são duas conhecidas técnicas para planejar e coordenar projetos em grande escala. O CPM foi desenvolvido em 1957 por consultores da *Remington Rand Univac*. O PERT foi desenvolvido em 1958 pela marinha norte-americana, pela *Lockheed Aircraft* e pela firma de consultoria *Booz Allen and Hamilton*. Na opinião de diversos autores (MARTINS; LAUGENI, 2001; BURKE, 2001; SIPPER; BULFIN, 1997; SLACK *et al.*, 1997; dentre outros) a principal diferença entre os dois sistemas está na consideração dos tempos das atividades. Enquanto o CPM considera tempos determinísticos, o PERT trabalha com tempos probabilísticos, utilizando três estimativas de tempo: otimista, pessimista e mais

provável. Porém, apesar desta diferença, ambos os sistemas são bastante parecidos. Partindo desta diferenciação, este trabalho utiliza somente a notação CPM, pois o modelo (bem como a empresa pesquisada) trabalha apenas com tempos determinísticos.

O sistema de planejamento e controle da produção CPM utiliza-se basicamente de uma metodologia de inicialmente determinar as precedências entre as diversas atividades do projeto. A partir desta precedência e tendo-se os tempos das atividades, calculam-se os tempos mais cedo e mais tarde que uma atividade pode começar e terminar. A diferença entre o início mais tarde e o início mais cedo (ou entre o final mais tarde e o final mais cedo) de uma atividade é denominado folga da atividade. Pode-se então determinar o caminho crítico do projeto, o qual é o caminho que passa pelas atividades que têm folga igual a zero, ou seja o caminho crítico é formado pelas atividades que não devem atrasar para não comprometer a data final do projeto.

Além da determinação do tempo total do projeto e do caminho crítico, o CPM também serve para realizar análises de custos e programações/alocações de recursos para o projeto, funções estas essenciais dentro de uma abordagem moderna em gestão de projetos.

Sistemas híbridos e a interação MRPII–CPM na literatura

A utilização de sistemas híbridos é, sem dúvida, uma tendência na moderna gestão da produção. Diversos autores tratam de SPCP híbridos, porém quase a totalidade aborda aspectos do MRP/MRPII e *Kanban*, e algumas vezes o OPT. Exemplos são os trabalhos de Slack *et al.*, (1997); Sipper; Bulfin (1997); Corrêa; Gianesi (1996); Pires (1996), Karmarkar (1989), dentre outros.

A respeito de sistemas híbridos MRPII – CPM foi realizado um levantamento bibliográfico na literatura. Foram utilizadas nesse levantamento diversos livros atuais em gestão da produção, bem como diversas bases de dados bibliográficos à disposição da comunidade científica brasileira (bases de dados INSPEC, COMPENDEX, WEB OF SCIENCE). Alguns trabalhos citam esta relação e sua importância, porém dois trabalhos merecem destaque: o primeiro deles (CORRÊA *et al.*, 2001) aborda a importância dos sistemas híbridos MRPII e sistemas de gestão de projetos (CPM) para o planejamento em empresas que trabalham por projetos. De acordo com estes autores, o MRPII neste tipo de empresa pode contribuir em níveis mais agregados do planejamento, não tendo entretanto ferramental específico de gestão de projetos que permita a determinação de caminhos críticos, folgas e marcos importantes do projeto, dentre outras

funções típicas de projetos. É exatamente para exercer estas funções que o sistema CPM deve ser utilizado. Outro interessante trabalho que trata da relação MRPII–CPM é o trabalho de Hatchuel *et al.* (1997). Este autor propõe um modelo denominado Abordagem de Antecipação Dinâmica (DAA), a qual combina o MRPII e o CPM no estágio de planejamento de sistemas de produção de múltiplos estágios. Este modelo se mostra eficiente na redução dos *lead times* de manufatura e no aumento do grau de confiabilidade das datas de entrega. A junção de alguns fundamentos e idéias de ambos os trabalhos citados, além do estudo de caso apresentado na próxima seção, será a base de nossa proposta de integração MRPII –CPM apresentado sob o título “Proposta de um modelo híbrido MRPII–CPM”.

A utilização de sistemas híbridos é, sem dúvida, uma tendência na moderna gestão da produção.

Notamos, com base nas referências apresentadas, que os sistemas MRPII e CPM podem ser complementares; para isso deve-se trabalhar com as boas características das duas lógicas (CORRÊA *et al.*, 2001). Ainda de acordo com estes autores, um sistema híbrido desta natureza deve servir a sistemas produtivos que, além de terem problemas complexos de gestão de materiais (problema que o MRPII se propõe solucionar), têm as características de projetos já descritas anteriormente (é neste ponto que o CPM contribui). Portanto, num sistema híbrido MRPII – CPM, o MRPII suporta as atividades de planejamento em níveis mais agregados e gestão de materiais, enquanto que o sistema CPM gerencia os caminhos críticos, a alocação de recursos, dentre outras funções de projeto. Em outras palavras, os módulos do MRPII suportam as funções de longo e médio prazo enquanto que o CPM suporta as funções de médio e curto prazo da gestão do projeto. A seguir estas interações são discutidas com maior profundidade.

ESTUDO DE CASO ILUSTRATIVO

Metodologia de pesquisa

Além do uso da argumentação lógica, o desenvolvimento do trabalho envolveu uma revisão bibliográfica a respeito de MRP, MRPII, CPM e principalmente de trabalhos que tratam das relações entre estes sistemas de planejamento e controle da produção. Esta pesquisa, caracterizada como sendo do tipo teórico-conceitual,

serviu a um propósito fundamental: estudar o número de trabalhos e a relevância do tema sistemas de PCP híbridos MRPII – CPM na literatura.

Também a metodologia do estudo de caso foi utilizada neste trabalho. O estudo de caso visa investigar fenômenos contemporâneos, considerando o contexto real do fenômeno estudado (YIN, 1989), e segundo Einsenhardt (1989) pode ser usado para cumprir diversos objetivos: i) fornecer descrição sobre um tema; ii) testar a teoria; e iii) gerar a teoria. Neste trabalho, o estudo de caso serviu basicamente aos objetivos i) e iii), pois nos forneceu ao mesmo tempo uma visão geral de como é atualmente o relacionamento MRPII–CPM em uma empresa que trabalha com grandes projetos, bem como serviu de base para o estabelecimento de uma proposta de interação MRPII–CPM, interação esta não encontrada na literatura. O estudo de caso contou com a constante presença física dos pesquisadores, com a finalidade de que o processo de planejamento e controle da produção na empresa fosse entendido com detalhes. De acordo com Ebert (1990) esta é exatamente a tendência nas pesquisas de campo na área de gestão de operações.

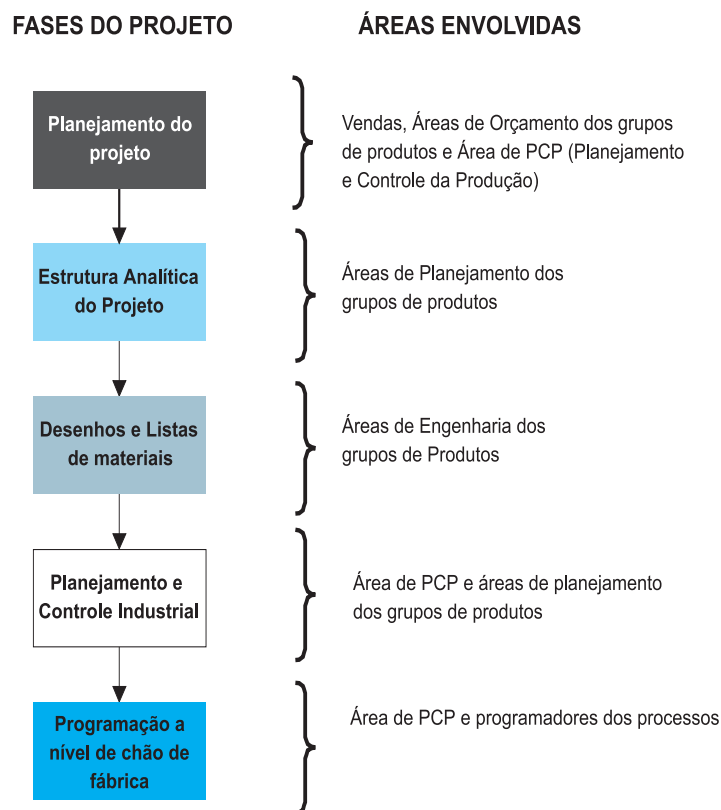
A empresa e seus processos produtivos

A empresa pesquisada é uma indústria metal-mecânica fabricante de bens de capital situada no interior do Estado de São Paulo. Por produzir diversos equipamentos de grande porte, conta com uma área de 823.000 m², sendo 130.000 m² de área construída. Possui 1.500 funcionários.

Os produtos produzidos por esta empresa são equipamentos pesados e de várias aplicações, tais como: geração de energia (turbinas, hidrogeradores, etc.); equipamentos de processos (vasos de pressão, colunas de destilação, etc.); metroferroviários (trens, metrô); hidromecânicos (comportas, tubulações, etc.); equipamentos de movimentação de materiais (pontes rolantes, etc.); além de área de prestação de serviços. Possui como principais clientes as maiores hidrelétricas do País, companhias ferroviárias, grandes siderúrgicas, indústrias petroquímicas, dentre outras.

Apesar da diversidade dos equipamentos, a grande maioria dos equipamentos fabricados passa pelos mesmos processos. Inicia-se com corte, dobra, caldeiraria (soldagem), usinagem, pintura e montagem, sendo que estes processos na fábrica se estruturam de acordo com

Figura 2: As grandes fases do desenvolvimento de projetos na empresa e áreas envolvidas.



um *layout* funcional, ressaltando que os roteiros de fabricação dos equipamentos não correspondem necessariamente à seqüência citada (*job-shop*).

A fabricação de um novo item na empresa segue a estrutura de planejamento de um projeto como mostrado na Figura 2. Pode-se ver nessa figura também as áreas envolvidas em cada uma dessas fases.

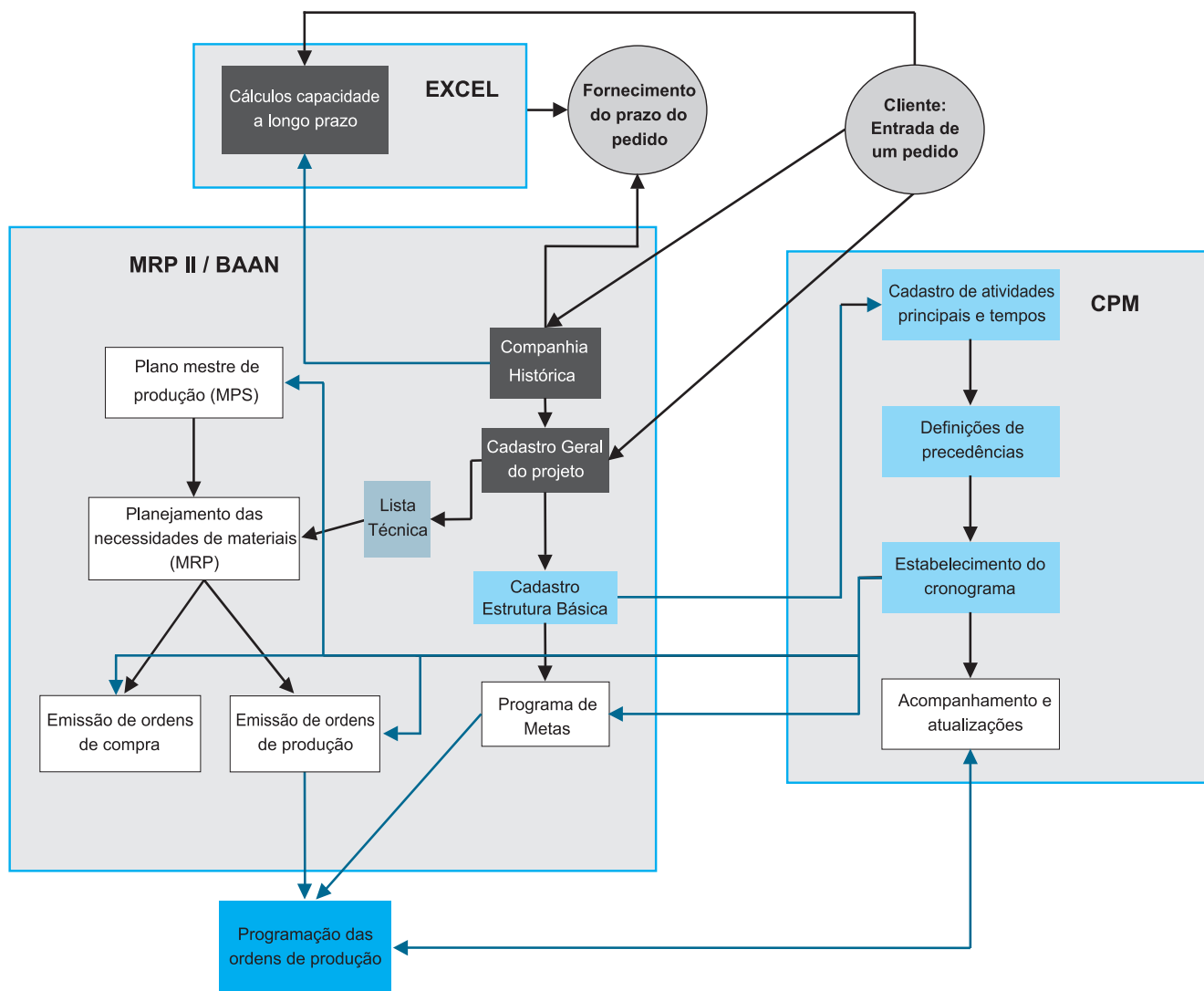
Neste ponto é interessante uma observação a respeito dos desenhos (3ª fase do projeto): para os equipamentos de movimentação de materiais, os desenhos são feitos pela engenharia de produto da empresa, projetados de acordo com as necessidades dos clientes, não existindo um rol de projetos predefinidos. Já com relação aos outros produtos da empresa, estes são fabricados de acordo com o desenho

do cliente, os quais a empresa ajusta ao sistema de códigos interno para a fabricação e documentação.

A interação MRPII—CPM na empresa

Nesta seção mostramos como os sistemas MRPII e CPM atuam no planejamento e controle de um projeto na empresa estudada. As funções destes sistemas, bem como suas interações, são mostradas na Figura 3. Para se estabelecer uma ligação entre as funções de ambos os sistemas e as fases do desenvolvimento de projetos (bem como as áreas da empresa envolvidas), as principais funções dos sistemas são representadas com as mesmas cores da Figura 2; por exemplo, o cálculo de capacidade a longo prazo é uma função relacionada à fase de plane-

Figura 3: O relacionamento entre o MRPII e o CPM na empresa.



jamento do projeto e esta função é desempenhada pelo pessoal da área de PCP da empresa.

Vemos na Figura 3 que as funções estão divididas segundo o sistema que realiza esta função: O MRPII é um módulo dentro do sistema integrado de gestão (ERP) utilizado pela empresa, o BAAN. Para facilidade de entendimento e para os objetivos deste trabalho, consideramos neste trabalho tanto as funções clássicas do MRP II quanto outras funções customizadas no BAAN para o planejamento e controle de projetos como sendo o sistema MRPII/BAAN. Portanto temos que as principais funções destinadas ao planejamento e controle de projetos desempenhadas pelo sistemas MRPII/BAAN são: o plano-mestre de produção (MPS); o planejamento das necessidades de materiais (MRP); a emissão de ordens de produção e de compra; a companhia histórica (representa um módulo do sistemas destinado a guardar informações sobre antigos projetos); o cadastro geral de projetos (função destinada a cadastrar os dados relativos ao projetos, quando de sua entrada na empresa); o cadastro da estrutura básica do projeto (corresponde ao cadastro dos principais componentes do projeto); o programa de metas (corresponde a um programa que determina os principais marcos do projeto e suas respectivas datas de término planejadas).

Na empresa somente as quantidades são “explodidas” pelo MRP. As datas são definidas pelo cronograma do CPM.

Relativo ao CPM tem-se que o sistema que realiza esta função na empresa é o *MS-Project*. As principais atividades realizadas neste sistema são: o cadastro das atividades principais e dos tempos destas atividades; definições das precedências destas atividades; estabelecimento do cronograma do projeto e finalmente o acompanhamento e atualizações no andamento do projeto.

Também se pode ver na Figura 3 uma importante função do planejamento do projeto, os cálculos de capacidade a longo prazo sendo realizados por um terceiro sistema de informação: a planilha eletrônica Microsoft Excel. A razão para a utilização desta ferramenta para o cálculo de capacidades a longo prazo é que nesta fase inicial ainda se está trabalhando com projetos que possivelmente entrarão para a carteira de pedidos da empresa (caso sejam aprovados). Desse modo, o projeto ainda não está cadastrado no sistema devido a sua incerteza de fabricação. Já para os cálculos de capacidade a médio e curto prazo a empresa

utiliza os módulos RCCP e CRP do MRPII, porém isto é realizado em fases posteriores do projeto, quando este já está aprovado e devidamente cadastrado no sistema.

O fluxo das informações mostrado na Figura 3 é explicado a seguir: o planejamento de um novo projeto se inicia com a entrada de um pedido pelo pessoal de vendas. Este novo pedido é o *input* para o cálculo de capacidades a longo prazo (EXCEL). O pessoal de PCP da empresa utiliza estes dados do pedido juntamente com os dados da companhia histórica (armazena dados de outros pedidos passados, dos quais alguns podem ter semelhança com o pedido atual) com a finalidade de fornecer aos clientes o prazo de conclusão do projeto. Após a aprovação do projeto pelo cliente, faz-se o cadastro geral do projeto no sistema MRPII/BAAN (este cadastro contém dados do projeto, tais como o código, a descrição, o cliente e o prazo de entrega). Este cadastro é o *input* para o cadastro da estrutura básica (relaciona os principais componentes e suas respectivas quantidades, bem como eventos importantes do projeto, constituindo-se em algo parecido com uma lista técnica somente de nível 1, acrescidas outras atividades não relacionadas diretamente à produção) e o cadastro da lista técnica (relaciona todos os itens necessários e suas quantidades. É interessante ressaltar que a lista técnica

utiliza também os desenhos dos principais itens feitos pelo pessoal da engenharia). Estas duas diferentes estruturas de produtos têm finalidades diferentes; enquanto a lista técnica é um dos inputs do MRP ; a estrutura básica é o *input* para o cadastro das principais atividades e tempos no sistema CPM (este siste-

ma trabalha somente com a produção dos principais componentes do projeto, daí a razão deste utilizar uma estrutura mais enxuta, ao invés da lista técnica). Uma vez cadastrados as principais atividades e tempos no CPM, são definidas as precedências entre estas atividades e também estabelecido o cronograma geral do projeto, o qual contém início e fim planejados das principais atividades do projeto. Aqui cabe uma observação importante: o CPM não é utilizado em sua forma completa, com análise de folgas e determinação do caminho crítico. O cronograma é o *input* para o plano mestre de produção (neste caso é composto de um só elemento, o próprio projeto) e para o programa de metas. O plano-mestre de produção, juntamente com a lista técnica são os *inputs* para o MRP, o qual explode as quantidades a serem produzidas ou compradas de todos os componentes do projeto. É interessante notar aqui uma importante diferença entre o MRP tradicional e o utilizado pela

empresa: na empresa somente as quantidades são “explodidas” e então tem-se as quantidades a serem produzidas ou compradas (liberação de ordens de produção ou ordens de compras). As datas não são programadas para trás segundo a lógica tradicional do MRPII, o que não representa um problema, uma vez que as datas são definidas de acordo com o programa de metas que se originou do cronograma feito no CPM (respeitando-se os prazos dos clientes). Acreditamos que dentro deste contexto, o problema reside na programação das ordens de produção, as quais são feitas manualmente segundo regras de programação simples que se baseiam em datas de entrega e tempos de processamento. Estas regras de programação não garantem uma máxima eficácia com relação a pontualidade nos prazos de entrega, o que é vital para a empresa em questão. A melhoria deste sistema de programação será parte de nossa proposta, mostrada na próxima seção.

Verificando o fluxo de informações de um projeto na empresa podem ser verificados alguns pontos de interação extremamente importantes entre o MRPII e o CPM (estão representados com setas pretas na Figura 3):

- interação 1: interação entre o cadastro da estrutura básica no MRPII e o cadastro de atividades principais e tempos no CPM, o que inicia todo o trabalho neste sistema;
- interação 2: interação entre o cronograma estabelecido pelo CPM e algumas importantes funções do MRPII/BAAN, a saber: definição do programa de metas, definição das datas das ordens de compra e produção e plano-mes-tre de produção;
- interação 3: interação entre duas funções do MRPII – a emissão das ordens de produção (fornecem as quantidades a serem produzidas) e o plano de metas (fornece os prazos dos principais componentes) – à função de programação da produção (feita manualmente na empresa).

Além destas três interações, vemos também uma quarta interação importante, esta realizada entre o MRP II e o EXCEL no cálculo de capacidades a longo prazo: o sistema MRPII fornece dados para o cálculo das capacidades no EXCEL.

PROPOSTA DE UM MODELO HÍBRIDO MRPII–CPM

A partir deste estudo e através de conversas com engenheiros e gerentes da empresa, encontramos algu-

mas deficiências no modelo atual de planejamento e controle de projetos da empresa. Estas deficiências são citadas a seguir:

- não-utilização da metodologia completa do CPM, principalmente no tocante aos seus métodos de análise de folgas e estabelecimento do caminho crítico;
- não-utilização dos módulos do MRPII que realizam o planejamento de capacidade;
- falta de um detalhamento maior da estrutura básica dos produtos;
- falta de uma metodologia específica para a programação da produção no chão de fábrica.

Os dois primeiros problemas podem ser solucionados com a utilização de outros módulos e funções existentes nos sistemas. No caso do CPM devem ser utilizadas as funções de análise de folgas e cálculo do caminho crítico. O cálculo das folgas servirá também para melhorar a programação da produção no chão de fábrica (será explicado mais adiante). No caso do MRPII/BAAN, sugerimos a utilização do módulo de planejamento agregado (S&OP) para auxiliar o EXCEL na análise de capacidades a longo prazo. Este módulo não necessita de grande esforço de cadastro no sistema, uma vez que o objetivo é analisar somente os “gargalos”.

A “abordagem de antecipação dinâmica” consiste em se utilizar na programação as datas mais cedo das operações, combinadas com uma regra de programação denominada RTF.

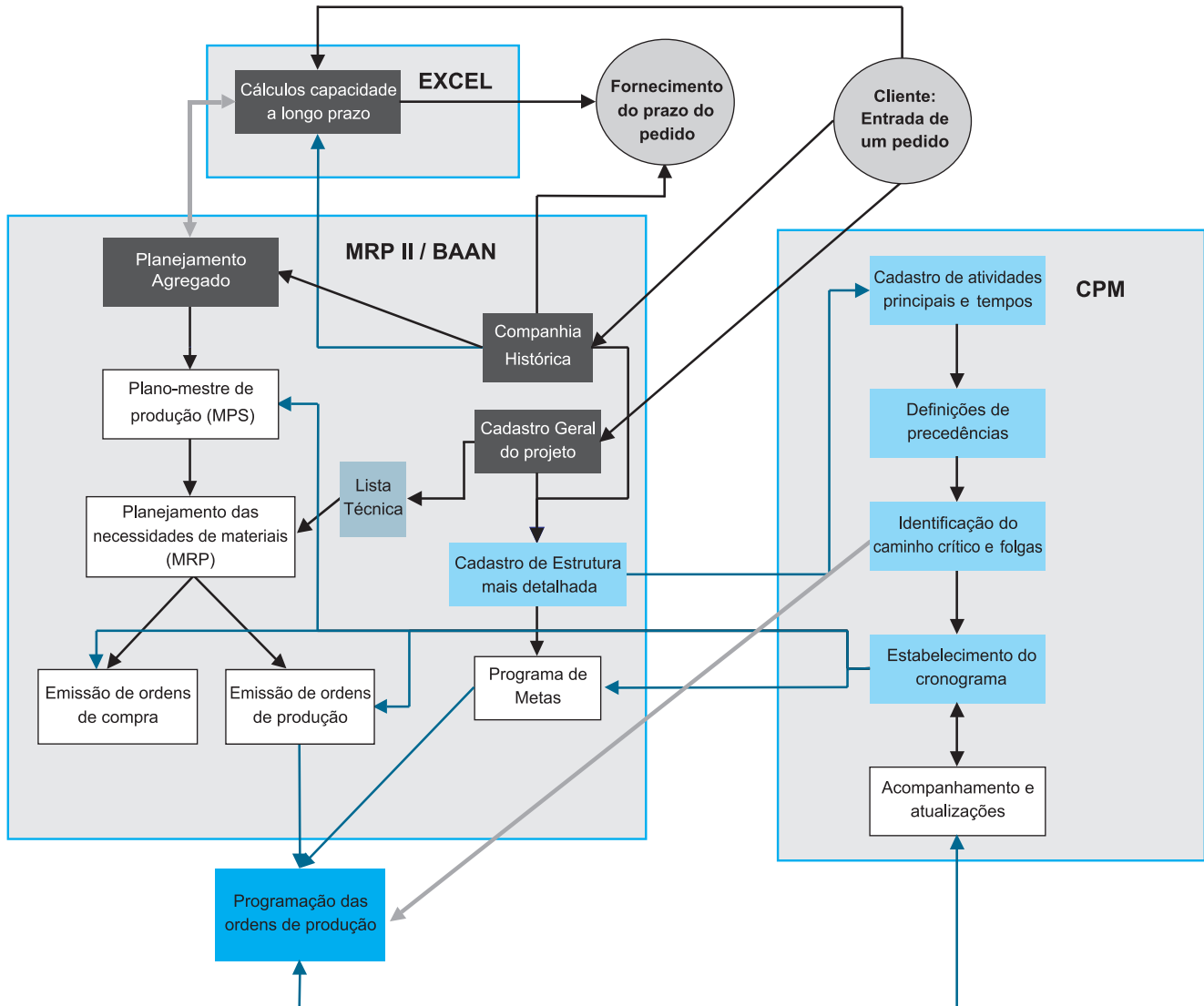
O terceiro e o quarto problemas estão relacionados: as regras de programação utilizadas na prática pela empresa são algumas técnicas que levam em consideração as datas devidas da operação e do projeto como um todo, chamadas na literatura respectivamente de ODD (*operation due date*) e EDD (*earliest due date*). Estas regras priorizam o objetivo da produção confiabilidade de entrega, ao mesmo tempo que tentam minimizar os atrasos. Outra regra simples de programação utilizada é a programação segundo o menor tempo de operação, regra esta denominada na literatura de SPT (*short processing time*). Esta regra leva a um menor estoque em processo. Porém os programadores fazem estas programações sem estabelecerem ligações entre elas e os objetivos da manufatura; pois se fizessem isso as programações ODD e EDD seriam as preferíveis, uma vez que em entrevista com os gerentes da empresa identificou-se

que a confiabilidade de entrega é o principal objetivo estratégico da empresa. A razão deste objetivo ser o principal é o fato de que existem muitas contratuais grandes caso os projetos não sejam entregues nos prazos.

Uma vez que a confiabilidade nos prazos é o principal objetivo da empresa, tem-se uma observação de extrema importância: as três formas de programação utilizadas na empresa se baseiam nos tempos mais tarde das operações. De acordo com Hatchuel *et al.* (1997), uma maneira de se aumentar o nível de serviço, aumentando a confiabilidade de entrega, é utilizando-se uma abordagem que este autor denomina “abordagem da antecipação dinâmi-

ca” (DAA), a qual consiste em se utilizar na programação as datas mais cedo das operações (nas atividades não-críticas), combinadas com uma regra de programação denominada RTF (*remaining total float*). Esta regra de programação basicamente prioriza as ordens que apresentam menor folga em relação à data devida desta operação. Para chegar a esta conclusão, Hatchuel *et al.* (1997) elaborou um estudo no qual comparou, segundo algumas medidas de *performance* (porcentagem de trabalhos em atraso, tempo médio de atraso e tempo médio de fluxo), as estratégias mais tarde e mais cedo de programação combinadas com as regras de programação de chão de fábrica EDD, ODD, SPT e RTF.

Figura 4: A proposta de um modelo relacional híbrido MRPII—CPM.



Baseada nesta observação, a empresa deve liberar as ordens para a programação de acordo com as datas mais cedo, imprimindo na ordem, além das datas devidas, os valores correspondentes das folgas, a fim de que a programação seja feita a partir destas folgas. Porém, para a identificação das folgas é necessário primeiramente um maior detalhamento da estrutura básica do produto, para que esta mostre os principais itens a ser fabricados. Este detalhamento será possível através da utilização de dados históricos de projetos anteriores (companhia histórica). Neste ponto cabe uma observação importante: esta estrutura mais detalhada não é a lista técnica, uma vez que à lista técnica do produto corresponde um nível de detalhamento que tornaria não práticos os cálculos no CPM.

Esta integração proposta entre um SPCP (no caso o sistema híbrido MRPII–CPM) e uma metodologia de programação finita da produção (no caso a abordagem DAA) representa também um assunto importante e atual na área de gestão da produção (CORRÊA *et al.*, 2001). Nosso modelo, além de representar esta interação, ainda o faz totalmente integrado com a estratégia de manufatura da empresa, cujo objetivo estratégico preponderante é o cumprimento dos prazos de entrega (é claro que se o principal objetivo estratégico da manufatura fosse outro, mais estudos no tocante a esta metodologia de programação proposta deveriam ser efetuados).

Todas estas sugestões podem ser vistas na Figura 4. Esta figura na verdade apresenta uma proposta de um modelo relacional híbrido entre os sistemas MRPII/BAAN e CPM. Como vimos, esta proposta foi formulada a partir do estudo de caso, inserindo-se algumas sugestões encontradas na literatura. Podemos ver que mais duas interações entre os sistemas foram propostas: a programação da produção baseada nas datas do caminho crítico levantadas no CPM e o planejamento de capacidade a longo prazo sendo efetuado com a ajuda do módulo S&OP do MRPII, ambas as novas interações representadas na Figura 4 com uma seta cinza claro.

UMA DISCUSSÃO DA PROPOSTA À LUZ DE TENDÊNCIAS ATUAIS ALTERNATIVAS A SISTEMAS ERP/MRPII

O modelo híbrido MRPII–CPM proposto cumpre uma importante função: explora as potencialidades destes dois importantes SPCP com o objetivo de me-

lhorar a gestão de projetos nas empresas. Além disso este modelo está alinhado com outras alternativas atuais à utilização isolada de sistemas ERP/MRPII nas empresas, a saber: o EAI (*Enterprise Application Integration* – Integração de Aplicativos Empresariais), sistemas APS (*Advanced Planning and Scheduling – Planejamento e Programação Avançada*) e soluções *best of breed*. Nesta seção discutimos nossa proposta à luz de tais alternativas.

O EAI foi recentemente proposto por Linthicum (2000) e consiste na integração de vários aplicativos, os quais apesar de muitas vezes operarem em diferentes ambientes de execução e utilizarem diferentes linguagens de programação, compartilham de maneira irrestrita informações e processos de negócio (LINTHICUM, 2000; KOBAYASHI *et al.*, 2002). Para Erasala *et al.* (2003) esta integração deve resultar em uma melhoria na eficiência das operações. Ainda de acordo com este autor, os métodos para conseguir esta integração podem ser complexos e variados.

O trabalho apresentou um modelo que pode servir de referência para o planejamento, programação e controle da produção em empresas que trabalham com grandes projetos.

Os sistemas APS visam fornecer uma ligação eficiente entre o planejamento (sistemas MRP) e os sistemas de programação, utilizando moderna tecnologia e algoritmos de programação da produção (KURODA *et al.*, 2002). Esta necessidade de integração entre o planejamento e a programação da produção é o objetivo principal dos sistemas APS também na opinião de outros autores (MCKAY; WIERS 2003; LEE *et al.*, 2002). Conseguida esta integração, a programação da produção se torna mais factível, uma vez que os atrasos nas datas de início devidos à falta de materiais necessários são minimizados (KURODA; MURAMATSU, 2002).

Finalmente, dentro deste contexto de sistemas de informação, entendemos soluções *best of breed* como soluções particulares para situações específicas. Esta característica se torna cada vez mais importante para os sistemas de informação dentro da gestão de operações, uma vez que já se comprovou que a adaptação da empresa ao sistema é uma das mais importantes causas das falhas na implantação de sistemas de informação em empresas, como por exemplo o ERP (DAVENPORT, 1998). Ao contrário disto, o sistema deve se adequar à empresa, ou

então a empresa deve projetar uma solução *best of breed*.

Nossa proposta de modelo híbrido MRPII–PERT/CPM se mostra em total sintonia com essas três soluções definidos acima, uma vez que:

- i) propõe uma integração entre aplicativos, os quais compartilham informações a fim de melhorar a integração do planejamento dos projetos na empresa; desta forma nossa proposta se apresenta como uma alternativa a um EAI, objetivando o mesmo resultado: compartilhamento de informações visando melhoria na eficiência das organizações; é claro que um EAI apresenta meios de integração muito mais complexos (ver ERASALA *et al.*, 2003);
- ii) propõe uma integração entre o planejamento (representado pelo planejamento das ordens de produção alimentadas pelas datas do caminho crítico) e a programação da produção (abordagem DAA); dessa forma nossa proposta se aproxima bastante do conceito de um sistema APS, com a vantagem de que ele é infinitamente mais simples do que a maioria dos sistemas APS encontrados na literatura, os quais envolvem algoritmos complexos, como por exemplo os encontrados em Lee *et al.* (2002) e Kuroda *et al.* (2002);
- iii) a proposta em si é uma proposta *best of breed*, pois é uma solução particular, idealizada para empresas que têm características de trabalhar por projetos, utilizando sistemas de informação comumente usados na área de gestão de operações.

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou um estudo sobre a interação entre dois importantes SPCP utilizados na área da gestão da produção nos dias atuais; o MRPII (na empresa, encontrado dentro do *software* de gestão empresarial BAAN); e o CPM (na empresa, realizado pelo

software MS-Project). Além destes dois importantes SPCP, também interações com o *software* EXCEL foram verificadas. As funções destes sistemas relativos ao planejamento e controle de projetos em uma grande indústria de bens de capital foram estudadas e então foi proposto um modelo que mostra as funções destes sistemas, bem como suas interações.

Também foi realizada neste trabalho uma revisão bibliográfica a respeito de trabalhos sobre os sistemas envolvidos, bem como relações entre eles. A partir do estudo de caso na empresa e da revisão bibliográfica, pode-se estabelecer um modelo de referência que mostra as funções do MRPII e do CPM numa empresa que trabalha para grandes projetos, mostrando as interações necessárias entre os sistemas. As principais contribuições do trabalho foram as seguintes:

- mostrou que apesar de SPCP híbridos serem realmente uma tendência na moderna gestão da produção, existem poucos trabalhos na literatura que tratam da interação entre os sistemas MRPII e CPM;
- baseado nesta premissa, propôs um modelo que pode servir de base para o planejamento, programação e controle de projetos em empresas que tem esta característica, proposta esta que está de acordo com atuais práticas em gestão de operações, tais como o EAI, os sistemas APS e soluções *best of breed*;
- apresentou um exemplo prático da possibilidade de integração entre um sistema híbrido de PCP (MRPII e CPM) e uma ferramenta de programação da produção (abordagem DAA), ambos relacionados aos objetivos estratégicos da produção (no caso da empresa estudada, o cumprimento dos prazos de entrega);
- mostrou que a integração entre os sistemas de informação é uma importante ferramenta para que se tenha um bom desempenho no planejamento, programação e controle da produção.

Artigo recebido em 10/02/2003

Aprovado para publicação em 27/02/2004

■ Referências Bibliográficas

- ABDINNOUR-HELM, S.; LENGNICK-HALL, M.L.; LENGNICK-HALL, C.A. Pré-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an Enterprise Resource Planning system. *European Journal of Operational Research*, vol. 146, p. 258-273, 2003.
- AGGARWAL, S.C.: MRP, JIT, OPT, FMS? *Harvard Business Review*, p. 8-12, Sept/Oct 1985.
- AL-MASHARI, M.; AL-MUDIMIGH, A.; ZAIRI, M. Enterprise Resource Planning – a taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*, vol. 146, p. 352-364, 2003.
- BURKE, R. *Project Management – Planning and Control Techniques*. 3rd Edition. Baffins Lane, Chichester: John Wiley & Sons LTD, 2001.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. *Just in Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico*. 2^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da produção*. 4^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- DAVENPORT, T. Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, p. 121-131, Jul-Aug 1998.
- EBERT, P. Announcement of empirical/ filed based methodologies in JOM. *Journal of Operations Management*, v. 90, n. 1, p. 135-137, 1990.
- EISENHARDT, K.M. Building theories form case study research. *Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- ERASALA, N.; YEN, D.C.; RAJKUMAR, T.M. Enterprise Application Integration in the electronic commerce world. *Computer Standards & Interfaces*, v. 25, p. 69-82, 2003.
- FERNANDES, F.C.F. *Concepção de um sistema de Controle da Produção para a manufatura celular*. Tese de doutoramento. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – USP, São Carlos, 1991.
- FOGARTY, D.W.; HOFFMANN, T.R.; STONEBRAKER, P.W. *Production and Operations Management*. Cincinnati, Ohio: South-Western Publishing Co., 1989.
- GODDARD, W. Kanban versus MRPII – which is the best for you? *Modern Materials Handling*, p. 40-49, Nov 1982.
- GSTETTNER, S. & KUHN, H. Analysis of production control system kanban and CONWIP. *International Journal of Production Research*, v. 34, n. 11, p. 3253-3273, 1996.
- HAUTCHUEL, A.; SAIDI-KABECHE, D.; SARDAS, J.C. Towards a new planning and scheduling approach for multistage production systems. *International Journal of Production Research*, v. 35, n. 31, p. 867-886, 1997.
- HUNTON, J.E.; LIPPINCOTT, B.; RECK, J.L. Enterprise resource planning systems – comparing firm performance of adopters and non adopters. *International Journal of Accounting Information Systems*, v. 55, p. 1-20, 2003.
- JACOBS, F.R. & BENDOLY, E. Enterprise resource planning – developments and directions for operations management research. *European Journal of Operational Research*, vol. 146, p. 233-240, 2003.
- KARMARKAR, U. Getting Control of Just in Time. *Harvard Business Review*, v. 67, p. 122-131, Sept-Oct 1989.
- KERZNER, H.: *Gestão de Projetos – as melhores práticas*. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.
- KOBAYASHI, T.; TAMAKI, M.; KOMODA, N. Business process integration as a solution to the implementation of supply chain management systems. *Information & Management*, v. 2030, p. 1-12, 2002.
- KURADA, M.; MURAMATSU, K. *Production Scheduling*. Tokio: Asakura-Shoten, 2002.
- KURODA, M.; SHIN, H.; ZINNOHARA.: Robust scheduling in na advanced planning and scheduling environment. *International Journal of Production Research*, v. 40, n. 15, p. 3655-3668, 2002.
- LEE, Y.H.; JEONG, C.S.; MOON, C. Advanced Planning and Scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, v. 43, p. 351-374, 2002.
- LINTHICUM, D.S. *Enterprise Application Integration*, Boston, MA: Addison-Wesley Longman Reading, 2000.
- LITTLE, D.; PECK, M.; ROLLINS, R.; PORTER, K. Business drivers not sector membership determine the most effective production planning and control: a novel approach to a perennial problem. *Production Planning and Control*, v. 11, n. 7, p. 721-729, 2000.
- MABERT, V.A.; SONI, A.; VENKATARAMANAN, M.A. The impact of organization size on enterprise resource planning (ERP) implementations in the US manufacturing sector. *The International Journal of Management Science - Omega*, article in press, 2003a.
- MABERT, V.A.; SONI, A.; VENKATARAMANAN, M.A. Enterprise Resource Planning – managing the implementation process. *European Journal of Operational Research*, v. 146, p. 302-314, 2003b.
- MACCARTHY, B.L. & FERNANDES, F.C.: A multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems. *Production Planning & Control*, v.11, n.5, 2000.
- MARTINS, P.G. & LAUGENI, F.P.: *Administração da Produção*. 5. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2001.
- MAXIMIANO, A.C.A. *Administração de Projetos – Como transformar idéias em Resultados*. 2^a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- MCKAY, K.N.; WIERS, V.C.S. Integrated decision support for planning, scheduling, and dispatching tasks in a focused factory. *Computers in Industry*, v. 50, p. 5-14, 2003.
- MENEZES, L.C.M. *Gestão de Projetos*. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- MILTENBURG, J. Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP. *International Journal of Production Research*, v. 35, n. 4, p. 1147-1169, 1997.
- NG, J.K.C.; IP, W.H. Web-ERP: the new generation of enterprise resource planning. *Journal of Processing Technology*, v. 6700, p. 1-5, 2003.
- OLHAGER, J.; SELLDIN, E. Enterprise Resource Planning survey of Swedish manufacturing firms. *European Journal of Operational Research*, v. 146, p. 365-373, 2003.
- PIRES, S. *Gestão Estratégica da Produção*. Piracicaba: Editora UNIMEP, 1995.
- PMBOK – *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. New York: Project Management Institute, 2000.
- PTAK, C.A. MRP, MRPII, OPT, JIT and CIM: succession, evolution or necessary combination? *Production and Inventory Management Journal*, v. 32, n. 2, p. 7-11, 1991.
- RAMSAY, M.L.; BROWN, S.; TABIBZADEH, K. Push, Pull and Squeeze shop floor control with computer simulation. *Industrial Engineering*, p. 39-45, February, 1990.
- SIPPER, D. & BULFIN JR., R.L. *Production: Planning, Control and Integration*, New York: Mc Graw Hill, 1997.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- TURNER, R.: *Handbook of Project-Based Management*. New York: Mc Graw Hill, 1993.
- UMBLE, E.J.; HAFT, R.R.; UMBLE, M.M.: Enterprise Resource Planning – Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, v. 146, p. 241-257, 2003.
- VOLLMAN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.: *Manufacturing Planning and Control Systems*. 4. ed. New York: Mc Graw Hill, 1997.
- YEN, D.C.; CHOU, D.C.; CHANG, J. A synergic analysis for Web-based enterprise resources planning systems. *Computer Standards & Interfaces*, v. 24, p. 337-346, 2002.
- YIN, R.K.: *Case study research - design and methods*. London: Sage, 1989.