

Uma Proposta de Análise e Classificação dos Repositórios de Conhecimento na Atividade de Programação da Produção

A Proposal for Analysis and Classification of repositories of knowledge in the Production Programming Activity

Manoel Carlos Pego Saisse
Instituto Nacional de Tecnologia (Ministério da Ciência e Tecnologia)

Resumo

A importância da função operacional para o sucesso das empresas manufatureiras tem sido amplamente reconhecida pela literatura especializada. As constantes flutuações características dos mercados modernos obrigam a função de manufatura a desenvolver uma ampla e rápida capacidade de reprogramação de suas atividades. Para garantir esta agilidade é preciso que o programador da produção tenha acesso a uma vasta gama de conhecimentos acerca do processo produtivo pelo qual ele é responsável. Estes conhecimentos encontram-se dispersos em diferentes repositórios que não se resumem aos registros oficiais das empresas manufatureiras. Neste trabalho, exporemos, primeiramente, um modelo conceitual genérico das informações necessárias à montagem de programas de produção. A seguir, apresentaremos uma classificação dos repositórios de conhecimento relativos à programação da produção utilizados em empresas manufatureiras, para, a seguir, indicar as relações entre os repositórios apresentados e as informações descritas no modelo conceitual. O modelo conceitual quanto os repositórios e as ligações entre estas duas entidades foram estruturados e identificados a partir de um projeto de pesquisa que até o momento já realizou levantamentos em mais de 60 linhas de produção de diferentes setores industriais em todo o Brasil.

Palavras-chave: Repositórios de conhecimento. Programação. Produção.

Abstract

The importance of operational function for the success of manufacturing firms has been widely recognized by the literature. The Constant fluctuations of modern markets require the function of manufacturing to developing a wide and rapid capacity for reprogramming of their activities. To ensure this agility we need that the production developer has access to a wide range of knowledge about the production process by which he is responsible. These knowledge can be found scattered in different repositories that do not summarize the official records of the manufacturing companies. In this work, exhibit, first, a conceptual model of information needed for the assembly of the production programs. Next, make a classification of the knowledge repositories concerning the planning of production used in manufacturing firms, for, to below indicate the relationship between the repositories submitted and the information described in the conceptual model. The conceptual model as the repositories and the links between these two entities were structured and identified from a research project that until the moment made surveys in more than 60 production lines of various industrial sectors throughout the Brazil.

Keywords: *Repositories of knowledge. Programming. Production.*

1. Introdução

Desde os primeiros trabalhos publicados, o foco das pesquisas em programação da produção permanece centrado num viés essencialmente quantitativo, que tende a reduzir os problemas estudados a modelos matemáticos onde tarefas com características conhecidas devem ser alocadas a um conjunto de recursos de produção. Os inúmeros algoritmos, heurísticas e análises quantitativas geradas por estes estudos certamente contribuíram para ampliar o entendimento de importantes características dos problemas de planejamento da produção (ver Pinedo(2005) para um recente apanhado de técnicas desenvolvidas a partir desta abordagem). Por outro lado, os resultados obtidos a partir desta abordagem não conseguiram abranger todas as dimensões que afetam a tarefa de planejamento na maior parte dos ambientes reais de produção. O papel do planejador da produção, sua interação com os diversos setores da empresa buscando e fornecendo informações é uma questão central que apenas mais recentemente tem sido devidamente estudada. Na medida em que pesquisadores se dedicaram a estudar a atividade de planejamento da produção não apenas a partir de modelos ideais, mas sim tal como ela é realizada em ambientes reais, foi possível perceber a grande importância das questões ligadas à geração e armazenamento de conhecimento envolvidas na tarefa de programação da produção.

2. Os novos mercados e a função de manufatura

A partir de meados da década de 80 importantes transformações, começaram a se fazer sentir nos mercados de bens de consumo. Desde então estas mudanças vem se ampliando e se espalhando para outros mercados de produtos e serviços. Suas características distintivas são a grande rapidez de introdução de novos produtos/modelos, com conseqüente redução no ciclo de vida dos produtos e o aumento da variedade de diferentes modelos disponíveis para um mesmo produto. Diferentemente da produção em massa clássica, onde o objetivo é satisfazer o cliente padrão, neste tipo de ambiente, as empresas teriam que criar laços mais estreitos com a demanda e ajustar rapidamente produtos e processos de acordo com os desejos de grupos de consumidores mais específicos Hart (1995). Consumidores até então acostumados à variedade relativamente restrita do modelo tradicional de produção em massa, são induzidos a esperar lançamentos cada vez mais freqüentes de novos produtos e uma variedade cada vez maior de modelos em produtos tradicionais. Este ciclo cria um *feedback* positivo, que resulta num mercado mais dinâmico e menos previsível, no qual pequenas mudanças nos anseios do público consumidor, que antes tendiam a ser ignoradas, agora passam a ser vistas como oportunidades competitivas.

À medida que a variedade de modelos ofertados se alarga e o ciclo de vida destes modelos diminui, cria-se, junto à demanda, uma sensação de que é possível encontrar em mercados tradicionais de produção em massa, produtos adaptados às suas necessidades mais particulares. Este movimento afeta não apenas os mercados de bens manufaturados como também os de serviços (Da Silveira et al., 2001), levando a uma busca pela diversificação e personalização dos produtos oferecidos.

Bhattacharya et al. (1995) propõem uma analogia bastante interessante para ilustrar os impactos destas mudanças sobre as empresas manufatureiras, e mais especificamente sobre o chão de fábrica. Segundo estes autores, os materiais que percorrem o processo produtivo podem ser vistos como um fluido passando por dentro de um tubo. O tubo representa os limites de capacidade do processo produtivo e o seu grau de rigidez a flexibilidade dos recursos e do processo. Quanto mais rígido o tubo menos flexível será a função de manufatura que ele representa. Bhattacharya et al. (1995) observam que se a tubulação é rígida, variações súbitas de pressão na saída e na entrada do tubo causam turbulências, que aparecem na forma de rodamosinhos e de pontos de alta pressão quando o fluido luta para se adaptar à forma do tubo. No caso da manufatura, as variações de pressão na saída do tubo correspondem a

mudanças súbitas e inesperadas nas características da demanda, enquanto que as variações da entrada correspondem a mudanças nas características dos produtos desenvolvidos pelo departamento de projetos. Na saída do tubo, o crescente grau de fragmentação da demanda, característico dos mercados atuais, aliado às constantes introduções de novos produtos, resulta em mix de produção complexos e instáveis. Na entrada do tubo, os progressos da computação eletrônica aumentaram drasticamente a flexibilidade da etapa de projeto do produto, reduzindo de maneira expressiva os seus custos e tempos e intensificando a frequência de criação de novos produtos (Sanchez, 1995).

Técnicas tais como Engenharia Simultânea e Configuração Tardia podem ser bastante eficientes na prevenção de turbulências, porém, em muitos mercados contemporâneos marcados pela forte instabilidade e pelo alto grau de competitividade, estas técnicas nem sempre conseguem eliminá-las por completo. Na medida em que a ampliação da variedade de modelos ofertados e o aumento da frequência de lançamento de novos produtos passam a ser estratégias cada vez mais difundidas nos mercados atuais, alterações repentinas de projeto, volume e *mix* de produtos também se tornam questões mais comuns para a manufatura. A alternativa mais imediata para lidar com a turbulência seria o acúmulo de estoques, porém, esta é uma opção custosa e extremamente arriscada para empresas que atuam em mercados onde o curto ciclo de vida dos produtos é uma questão crítica. A flexibilização de recursos e processos se constitui no passo seguinte para se atacar este problema, porém o uso de recursos cada vez mais flexíveis, por si só, não garante que o chão de fábrica será capaz de responder com a devida velocidade às constantes pressões a que se encontra sujeito. Maior flexibilidade de recursos implica numa ampliação das alternativas de ação, o que pode tornar mais complexa a tarefa de programação e reprogramação do chão de fábrica. É preciso, portanto, que os responsáveis pela geração dos programas da produção desenvolvam a capacidade identificar, dentro das possibilidades oferecidas pelos recursos de que dispõem, as alternativas de ação mais adequadas para responder a cada uma das novas situações que surgem no dia a dia das linhas de produção. Efstathiou et al (2000) observam que cada linha de produção desenvolve práticas próprias para lidar com as constantes pressões que lhe são impostas. Inicialmente, elas surgem para tratar questões pontuais, porém, muitas vezes são incorporadas ao processo produtivo na forma de regras permanentes de funcionamento.

3. Aplicação da Gestão do Conhecimento no Estudo do Planejamento de Produção

As circunstâncias descritas na seção anterior fazem com que a manufatura se torne uma fonte constante de geração de conhecimento. Vários autores publicaram trabalhos sobre as vantagens decorrentes do armazenamento e reutilização por parte das organizações do conhecimento que é gerado pelo seu próprio funcionamento. Argote et al.(1990) mencionam a importância desta prática para prevenir a perda do conhecimento quando o funcionário que o detém deixa a organização. Yates (1989) mostrou, através de um estudo histórico da comunicação interna nas empresas americanas do final do século XIX até o início do século XX, como a evolução da memória organizacional das empresas foi essencial para garantir a coordenação entre seus diversos setores. Moorman e Miner (1997) afirmam que o registro e estruturação do conhecimento ampliam a capacidade de improvisação das organizações, o que é fundamental para as manufaturas modernas.

Técnicas de análise, registro e estruturação deste conhecimento apenas começam a ser aplicadas no campo da programação da produção. Guinery & MacCarthy (2005) conduziram um projeto de pesquisa que levantou e modelou de forma aprofundada as práticas de planejamento e controle da produção, buscando ainda identificar potenciais oportunidades de melhorias em 5 grandes industriais da Inglaterra. Henning e Cerdá (2001) propuseram, com base num estudo de campo realizado em 3 plantas de produção de alimentos, uma metodologia de modelagem do conhecimento especificamente voltada para tratar problemas

de planejamento da produção. Fransoo e Wiers (2006) analisaram variações nos planos de produção diários emitidos durante 3 meses por um sistema de MRP de uma grande empresa química para avaliar as ações tomadas pelo planejador da produção durante este período. Hanashiro e Cleto (2007) apresentam, para uma indústria do setor automotivo, uma metodologia de gestão do conhecimento do chão de fábrica para apoiar a implementação de ferramentas de produção enxuta que necessitam de conhecimento.

Todos os trabalhos encontrados buscaram, de alguma forma, analisar e modelar as práticas relacionadas à atividade de planejamento e controle da produção, porém, nenhum deles se preocupou em mapear e relatar a origem dos conhecimentos utilizados pelos responsáveis pela tarefa de programação da produção.

Os resultados aqui apresentados foram levantados a partir de um projeto de pesquisa para desenvolvimento de sistemas para programação da produção baseados em técnicas de simulação computacional. No âmbito deste projeto foram realizados levantamentos e gerados modelos conceituais para representar mais de 60 diferentes linhas de produção. O escopo do projeto inclui setores metal-mecânico, eletro-eletrônico, injeção plástica, siderúrgico, fundição, confecção, químico, gráfico, madeireiro-moveleiro, apenas para citar os mais expressivos. Durante o processo de levantamento das informações necessárias à construção destes modelos conceituais foi possível identificar padrões de formas de armazenamento de conhecimentos relativos aos processos produtivos que se repetiam nas em diferentes empresas manufatureiras pesquisadas. Acreditamos que o conhecimento prévio de tais padrões agilizou em muito o processo de levantamento e estruturação das informações necessárias à realização da tarefa de programação da produção em qualquer empresa manufatureira.

Nas seções que se seguem apresentaremos, primeiramente, uma estrutura conceitual genérica que ilustra as principais informações necessária à elaboração de um programa de produção industrial. A seguir, abordaremos os padrões de repositórios de conhecimento que identificamos nas empresas pesquisadas para, por fim traçarmos as ligações entre os repositórios identificados e as informações previamente apresentadas.

4. Informações Necessárias ao Planejamento da Produção

Todo programa de produção tem como objetivo principal atender a um de plano de mestre de entregas. Este plano mestre se constitui num conjunto de *demandas* que determinam instantes futuros nos quais quantidades específicas de itens de demanda independente que resultam do processo de produção a ser programado deverão estar disponíveis.

Para planejar a fabricação dos itens acabados relacionados no plano de entregas é preciso dispor da suas *estruturas de produto*, que definem os itens intermediários fabricados no âmbito do sistema produtivo que está sendo planejado, os itens comprados que serão utilizados na base do seu processo de produção e as relações de precedência e componência que unem estes diversos itens. Os itens fabricados devem possuir um *roteiro de fabricação* que define quais operações devem ser processadas a partir de seus materiais para que se possa gerá-lo. As operações podem ser processadas por um ou mais conjuntos alternativos de *recursos*, que denominaremos aqui de cenários alternativos de processamento. Cada cenário alternativo remete a um grupo de informações fundamentais para a construção do plano de produção. Classificamos estas informações em quatro conjuntos: *Recursos*, *Restrições*, *Tempos* e *Lotes de processamento*. O conjunto denominado *Recursos* guarda os identificadores dos recursos produtivos que poderiam compor um cenário alternativo capaz de processar a operação. O conjunto dos *Tempos* guarda as informações relativas à duração dos procedimentos necessários à realização operação. Identificamos quatro eventos diretamente relacionados a realização de uma operação de fabricação: preparação, processamento, pós-processamento e transporte. A preparação refere-se a procedimentos de ajuste e limpeza dos

equipamentos que realizarão o processamento da operação. A duração deste evento, em geral, é função não apenas da operação que se inicia, mas também das últimas operações que foram processadas pelos recursos que compõem o cenário. O processamento refere-se ao período durante o qual os materiais do item fabricado estão efetivamente sendo processados pelos recursos produtivos. O evento de pós processamento inclui um possível período de tempo de espera, relacionado à procedimentos tais como secagem, cura ou resfriamento, quando os recursos produtivos envolvidos já se encontram liberados para realizar outros processamentos mas os itens semi-processados ainda não estão prontos para seguirem para a próxima etapa do roteiro de produção. Quando o processo de produção apresenta repetitividade, ou quando o produto fabricado não é discreto (caso de grande parte dos produtos de indústria química) as operações podem apresentar restrições quantitativas que agrupamos sob o título de *Lotes*. Tais restrições regulam as quantidades mínimas e máximas de itens que podem ser processados de cada vez em cada cenário e de itens semi-acabados resultantes que podem ser transportados de cada vez para o próximo estágio.

Programas de produção raramente são implementados a partir de uma situação na qual os recursos se encontram desocupados. Nesse sentido, a tarefa de programação da produção se constitui, na maior parte das vezes num trabalho de reprogramação das linhas de produção a partir de um programa vigente. É necessário, portanto, que se disponha de informações relativas ao estado de ocupação dos recursos, aos estoques em processo, à disponibilidade de materiais básicos nos estoques e às chegadas previstas de ordens de compra de materiais básicos.

A tarefa de programação da produção tem como objetivo último a geração de um programa de produção, que se constitui num conjunto de atribuições de operações de fabricação a cenários ao longo de um horizonte de planejamento. As atribuições que dão origem ao programa de produção envolvem 4 escolhas: (i) qual cenário será utilizado para processar a operação, (ii) quando se dará o início do processamento, (iii) quando se dará o fim do processamento e (iv) qual a quantidade a ser processada. Uma *restrição* se constitui numa regra mandatória que limita de alguma forma o leque de opções disponíveis para uma ou mais destas quatro escolhas. Seis grupos de restrições foram identificados: Alternativas de Processamento, Precedência, Capacidade, Horários de funcionamento, Períodos de Utilização, Sincronia, Simultaneidade e Estoques em processo.

Alternativas de processamento - Esta restrição estabelece, para cada operação, quais grupos de recursos (cenários) alternativos são capazes processá-la.

Restrições de Precedência – Esta restrição indica que, um conjunto de operações antecessoras deverá ter sido previamente processado para que o processamento de uma determinada operação possa ser iniciado. Há dois tipos de restrições de precedência mais comuns entre operações: (i) a primeira indica que uma operação necessita, como insumo, de um produto semi-acabado de mesmo código do produto semi-acabado que resultará após o seu processamento e (ii) a segunda indica que uma operação necessita, como insumo, de um produto de código diferente daquele que resultará do seu processamento. O primeiro caso refere-se a operações que não a primeira do roteiro de fabricação de um produto. A informação relativa a estas relações de precedência, quando disponíveis, encontram-se nos roteiros de fabricação dos produtos associados. O segundo caso refere-se às primeiras operações do roteiro de produção de um item e decorrem da estrutura de materiais dos produtos fabricados.

Restrições de Capacidade - Esta restrição decorre de uma interação entre o estado atual de ocupação do recurso e a operação candidata ao processamento num instante considerado. Assim, uma operação só poderá ser atribuída a um cenário que contenha o recurso caso a porção da capacidade do recurso requerida para processamento no cenário

considerado seja menor do que a capacidade disponível deste recurso durante todo o intervalo compreendido entre o seu início e o seu fim de processamento.

Restrições de Horário de Funcionamento - Esta restrição estabelece que a operação só pode ser atribuída a um cenário durante períodos que correspondam ao horário de funcionamento de todos os recursos que o compõem.

Restrições de períodos de utilização - Indicam períodos de tempo durante os quais um cenário que faz parte do conjunto de alternativas de processamento de uma operação não pode ser utilizado para realizar seu processamento. Este tipo de restrição ocorre, por exemplo, em ambientes onde o uso de energia em determinados períodos encontra-se limitado, e um ou mais recursos que compõem o cenário consomem uma quantidade relativamente grande de energia para processar a operação em questão. Outras restrições periódicas podem estar relacionadas à temperatura ou iluminação do ambiente e resultam em que determinados cenários só devem ser considerados como alternativas de processamento para uma operação durante períodos específicos do dia.

Restrições de Sincronia - Estas restrições estabelecem que duas operações sucessivas no roteiro de produção de um produto atribuídas a cenários distintos, devem ser processadas de forma que cada item processado num determinado estágio do seu roteiro de fabricação siga imediatamente para o estágio posterior. Nos casos em que esta restrição foi identificada, verificamos que ela decorre da necessidade de um controle rígido de um grupo de operações que ocorrem em seqüência, e cujo resultado só pode ser avaliado após o processamento da última etapa.

Restrição de Simultaneidade Obrigatória - Estas restrições determinam que duas operações distintas, atribuídas a cenários distintos, devem ser sempre processadas ao mesmo tempo, criando assim uma relação de simultaneidade obrigatória entre duas operações que serão processadas por cenários que não apresentam nenhuma interseção de recurso. O caso mais comum desta restrição observado nas empresas estudadas tem sua real origem nas operações que se seguem àquelas que foram objeto da restrição. Em geral, a operação que se segue àquelas que sofrem a restrição de sincronia (em função das restrições de precedência) se constitui em algum tipo de etapa de controle ou verificação, que só é possível de ser realizada quando todos os materiais provenientes das operações que a precedem estiverem disponíveis. Caso esta etapa de controle indique algum problema no processo de fabricação as operações que são objeto da etapa de controle são interrompidas para a realização de ajustes.

Restrição de Simultaneidade Proibida - Estas restrições determinam que duas operações distintas, atribuídas a cenários distintos, nunca podem ser processadas ao mesmo tempo. Assim como no caso da simultaneidade obrigatória, os casos de simultaneidade proibida observados têm sua origem nas operações que se seguem àquelas que sofrem a restrição. Em dois casos observados, os itens provenientes das operações que sofrem a restrição são visualmente muito semelhantes, e ambos seguiam num fluxo contínuo para o mesmo centro de trabalho onde deveriam sofrer diferentes processamentos. A semelhança visual entre os dois itens, aliada à velocidade com que o fluxo de produção ocorre pode confundir os operadores das máquinas e levar a um processamento equivocado dos itens recebidos, portanto o processamento simultâneo destas operações é proibido.

Restrições de Estoque em processo - Devem ser consideradas quando a diferença entre velocidade de processamento de uma determinada operação e a das operações que a sucedem no roteiro de produção do item é positiva e de grandeza tal que possa gerar um volume e material semi-processado maior do que o espaço disponível para estocá-lo.

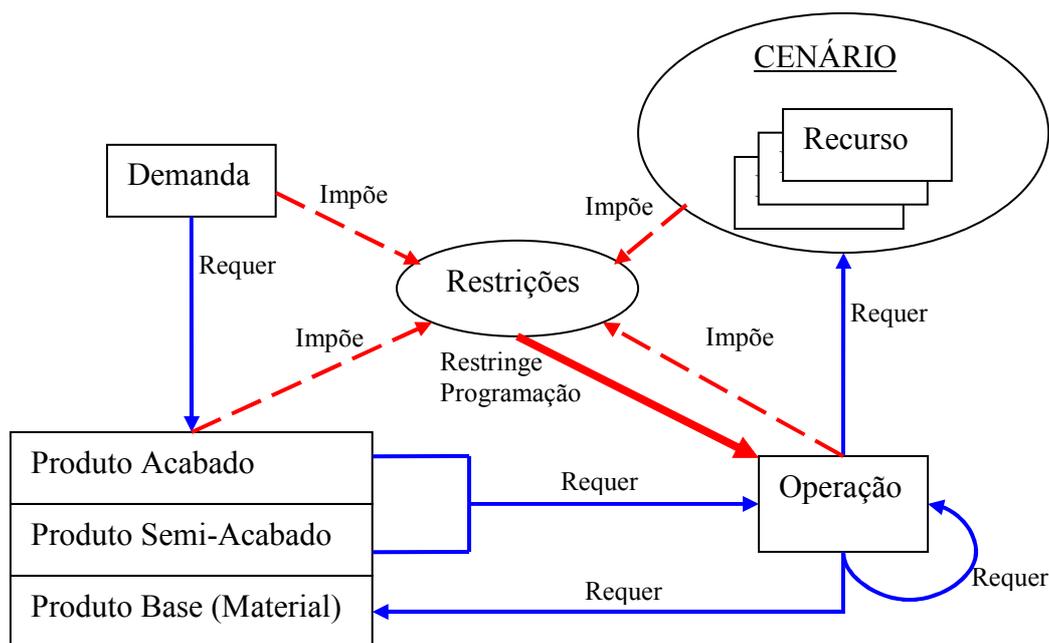


Figura 1 – Relações entre entidades em problemas de programação da produção

5. Repositórios típicos de conhecimento

O projeto de pesquisa mencionado na seção 3 deste trabalho inclui, para todas as empresas estudadas, a construção de um modelo conceitual que seja capaz de representar o processo produtivo. O modelo serve de base para a construção de um algoritmo de simulação que se constitui no núcleo de um sistema computacional de apoio à geração de programas alternativos de produção, portanto deve contemplar todas as informações relevantes para a construção de um programa de produção real, que possa ser enviado ao chão de fábrica. O trabalho de levantamento dos dados necessários à montagem do modelo requer que entremos em contato com os repositórios dos conhecimentos necessários à formulação dos programas de produção. Ao longo dos diversos levantamentos feitos em empresas manufatureiras em todo o Brasil foi possível identificar 3 tipos característicos de repositório de conhecimento relacionado à programação da produção: (i) sistemas corporativos (ii) planilhas, arquivos de texto e bancos de dados não oficiais mantidos pelos responsáveis pela programação e execução das operações no chão de fábrica (iii) planejadores e encarregados de produção, que detêm informações essenciais para a construção do programa de produção na forma de conhecimento tácito. O formato e as informações contidas em cada um destes repositórios são descritos em maior detalhe na próxima seção deste trabalho.

6. Informações x Repositórios

6.1. Informações encontradas nos Sistemas Corporativos

Apesar do reconhecimento da importância da função operacional para o sucesso das empresas manufatureiras ter se difundido com grande intensidade, principalmente a partir a década de 80 (Pannirselvam et Al 1999), os sistemas corporativos de tipo ERP inicialmente se mantiveram mais voltados para a gestão de materiais do que propriamente para a programação das operações de produção. Como conseqüência, desde a década de 90 já é possível encontrar informações relativas às estruturas de materiais dos produtos fabricados e aos planos mestres de produção registradas de forma clara e bem estruturada nos sistemas corporativos das

empresas manufatureiras. Por outro lado, informações relativas aos roteiros de fabricação, alternativas de processamento, tempos de processamento das operações, capacidade e horário de funcionamento dos recursos produtivos, só mais recentemente passaram a ser registradas num formato mais preciso e fidedigno. A evolução dos sistemas e equipamentos de controle permitiu um acompanhamento mais próximo e acurado dos tempos de processamento, que se constituem conjunto de dados de entrada fundamentais para a programação da produção.

Informações sobre as demandas do plano mestre e dados de estoque também se encontram bem organizadas nos sistemas corporativos, porém nem sempre conseguem se manter atualizadas devido à velocidade com que as negociações entre as empresas manufatureiras e seus clientes acontecem em determinados mercados.

Os modernos sistemas de controle permitem um acesso constantemente atualizado ao estado de ocupação dos recursos, porém, a maior parte das empresas pesquisadas ainda não possui este tipo de sistema em suas instalações.

6.2. Informações encontradas em planilhas, arquivos de texto e bancos de dados não oficiais

Em praticamente todas as empresas pesquisadas encontramos parte das informações necessárias à montagem do programa de produção transcritas em planilhas eletrônicas, arquivos de texto e mesmo anotações cadernos e fichários que não fazem parte dos registros oficiais da empresa. Estes documentos são mantidos exclusivamente pelos responsáveis pela montagem do programa de produção ou pelos encarregados de produção, e são usados, principalmente para registrar discrepâncias entre nos registros oficiais das empresas.

Um caso comum, observado em empresas que fornecem peças e partes para indústrias de montagem de bens de consumo é o controle paralelo dos registros de plano mestre. As flutuações nos planos de produção impostos por seus clientes são tão frequentes que os sistemas oficiais muitas vezes não conseguem refleti-las com a devida velocidade. Algumas mudanças chegam mesmo a ser passadas, num primeiro momento, através de email ou telefone, para só depois serem atualizadas nos sistemas corporativos. Nesse meio tempo, os responsáveis pela programação mantêm controles paralelos para registrar os resultados das negociações.

Outro caso de discrepância entre os registros oficiais e a situação real encontra-se nos registros de estoques e previsão de chegada de material. Em empresas que não possuem sistemas automatizados de controle de estoques e de produção é comum o programador criar controles paralelos na forma de planilhas eletrônicas para registrar os níveis de estoque em processo e manter um controle mais preciso dos níveis de materiais básicos.

6.3. Informações armazenadas na forma de conhecimento tácito detido pelos responsáveis pela programação e execução das operações de produção

É notável o volume de informações essenciais à montagem do programa de produção que permanecem apenas registrados na forma de conhecimento tácito, detido pelos programadores e encarregados de produção. No que tange às restrições, registros físicos foram identificados apenas nos casos das alternativas de processamento, restrições de precedência, e a restrições de horário de funcionamento. Todas as demais regras restritivas citadas anteriormente só puderam ser identificadas a partir de entrevistas com os programadores da produção, que em alguns casos demonstraram uma maior dificuldade em descrever, regras restritivas que envolvem duas ou mais instâncias de atribuição de operações a recursos. Esta dificuldade evidenciou-se pelo fato de que a ausência de algumas regras restritivas ou sua representação incompleta no modelo só foi percebida pelos usuários quando uma seqüência de produção gerada a partir de um algoritmo de simulação baseado no modelo conceitual foi enviada ao chão-de-fábrica para análise. Não foi possível encontrar nem mesmo

algum tipo de espaço não utilizado para registro deste tipo de informação nos sistemas corporativos das empresas pesquisadas.

A importância das regras restritivas que regem a atribuição das operações de fabricação aos recursos produtivos foi evidenciada na medida em que verificamos que elas representam importantes práticas particulares utilizadas pelo chão-de-fábrica para dar conta das constantes flutuações externas, características dos mercados modernos.

7. Conclusões

Os mercados marcadamente turbulentos, característicos dos tempos atuais, obrigam a que as funções operacionais das empresas manufatureiras desenvolvam uma capacidade cada vez maior de redirecionar rapidamente os seus cursos de ação. Isto torna a manufatura uma permanente fonte de geração de conhecimento, que é utilizado para dar conta das constantes pressões flutuações impostas pelo ambiente externo. A estruturação deste conhecimento e a identificação de seus repositórios são fundamentais para que se possa desenvolver uma memória organizacional da empresa, de forma a ampliar a sua capacidade de lidar com eventos imprevistos, melhorar a coordenação entre diferentes setores e amortecer a perda de conhecimento organizacional decorrente do turnover.

A partir de levantamentos feitos junto a mais de 60 diferentes linhas de produção industrial no Brasil desenvolvemos uma estrutura conceitual genérica das principais informações necessárias a construção de programas de produção para acionar o funcionamento do chão de fábrica. Este mesmo trabalho de levantamento de informações nos permitiu identificar padrões no que se refere aos repositórios dos conhecimentos necessários à construção de programas de produção bem como à relação entre os tipos de conhecimento identificados e os repositórios que são utilizados para armazená-los.

Foi possível perceber o efeito do crescimento da importância da função operacional para o desempenho global das empresas manufatureiras, ao verificarmos que estas passaram a utilizar, de forma mais intensiva e precisa, os espaços oferecidos pelos sistemas corporativos para armazenar dados referentes aos tempos e roteiros de produção. Por outro lado, é surpreendente notar que, para a quase totalidade das empresas pesquisadas, dos três tipos de repositórios de conhecimento identificados, o mais informal e mais fluido de todos, qual seja, o conhecimento tácito detido pelos programadores da produção, ainda é responsável pelo armazenamento de uma parte significativa das informações necessárias à construção dos programas de produção.

Os conjuntos de conhecimentos e repositórios citados neste trabalho não pretendem ser definitivos nem exaustivos. Pretendemos realizar novos trabalhos de levantamento e modelamento de linhas de produção industrial expandindo o escopo do projeto de pesquisa para outros setores industriais.

Espera-se ainda que novos estudos sejam realizados, no sentido de identificar e mapear os conhecimentos relacionados ao processo produtivo que aparecem incorporados ainda, apenas de forma implícita, nos programas de produção gerados e utilizados cotidianamente no chão de fábrica.

8. Referências

- ARGOTE, L., BEKMAN, S. L. AND EPPLE, D. *The persistence and transfer of learning in industrial settings*, Management Science, Vol 36, No 2, p. 140–54, 1990.
- BHATTACHARYA, A. K.; JYNA, J.; WALTON, A. D. *Turbulence in Manufacturing Systems: Its Identification and Management*, In : Irish Manufacturing Committee 12, Conference Proceedings, University College Cork, p. 20-24, 1995.

- CRAWFORD, S.; WIERS, V., *From Anecdotes to Theory: A Review of Existing Knowledge on Human Factors of Planning and Scheduling*, in *Human Performance in Planning and Scheduling*, Londres, Taylor and Francis, p. 15-44, 2001.
- DA SILVEIRA, GIOVANI; BORENSTEIN, DENIS; FOGLIATTO, FLAVIO S., *Mass Customization: Literature Review and Research Directions*, *International Journal of Production Economics*, Vol 72, p. 1-13, 2001.
- GUINERY, J.; MACCARTHY, B., *PROCHART Toolkit to Re-Design Production Planning, Scheduling and Control Processes*, in the proceedings of the 18th International Conference on Production Research, p. 41-46, Salerno, Italia, 2005.
- HART, C. W. L., *Mass Customization: Conceptual Underpinnings, Opportunities and Limits*, *International Journal of Service Industry Management*. Vol. 6, No. 2, p. 36-45, 1994.
- HENNING, G. P., CERDÁ, J., *Knowledge-based predictive and reactive scheduling in industrial environments*. *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 24, p. 2315–2338, 2000.
- PINEDO, M., *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Springer, Nova York, 2005.
- D'NETTO, B.; SOHAL, A. S., *Changes in the Production Manager's Job: Past, Present & Future Trends*, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19, No. 2, p.157-181, 1999.
- EFSTATHIOU J, A; CALINESCU, J ; SCHIRN, L ; FJELDSOE–NIELSEN, S; SIVADASAN, J; BERMEJO, NEILL, C, *Assessing the effectiveness of manufacturing information systems*. In : *Human Performance in Planning and Scheduling: Fieldwork studies, Methodologies and Research Issues*, Taylor and Francis, Editors: B. L. MacCarthy and J. R. Wilson, Londres, 2000.
- FRANSOO, J.C. & WIERS, V.C.S., *Action Variety of Planners: Cognitive Load and Requisite Variety*, *Journal of Operations Management*, Vol. 24, p. 813-821, 2006.
- HANASHIRO, N ; CLETO, M. G., *Proposta de uma metodologia para gestão do conhecimento no chão de fábrica: um estudo de caso de kaizen na indústria automotiva*. In: *Enegep*, 2007, Foz do Iguaçu. XXVII ENEGEP Anais, 2007.
- MORMAM, C. AND MINER A. S., *The impact of organizational memory on new product performance and creativity*, *Journal of Marketing Research*, Vol 34, p. 91–106, 1997.
- PANNIRSELVAM, G.P., FERGUSON, L.A., ASH, R.C., SIFERD, S.P., *Operations management research: an update for the 1990s*, *Journal of Operations Management*, Vol. 18 p.95-112, 1999.
- SANCHEZ, R., *Strategic Flexibility in Product Competition*, *Strategic Management Journal*. Vol. 16, pp. 135-159, 1995.
- SANDERSON, P. M., *Towards the Model Human Scheduler*, *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, Vol. 1, No. 3, p. 195-219, 1991.
- SHAH, V. C.; MADEY, G. R.; MEHREZ, A., *A Methodology for Knowledge Based Scheduling Decision Support*, *OMEGA International Journal of Management Science*, Vol. 20, No. 5/6, p. 679-703, 1992.
- STOOP, P. P. M.; WIERS, C. S. V., *The Complexity of Scheduling in Practice*, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 16, No. 10, p. 37-53, 1996.
- YATES, J. *Control Through Communication*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1989.