

## **Um estudo do seqüenciamento de uma produção por encomenda em uma empresa do setor metal mecânico**

Ivana Salvagni Rotta (Grupo de Estudos em Organizações - UNIARARAS) [ivanasr@uniararas.br](mailto:ivanasr@uniararas.br)  
William Douglas Paes Coelho (Grupo de Estudos em Organizações - UNIARARAS) [william@uniararas.br](mailto:william@uniararas.br)

### **Resumo:**

O presente trabalho foi realizado em uma indústria do setor metal mecânico, que produz equipamentos de elevação de carga por encomenda. O objetivo principal é analisar o seqüenciamento da produção do setor de usinagem, a fim de calcular a eficiência da carga máquina, e levantar os pontos que interferem para o não cumprimento das tarefas planejadas. Através desse estudo será possível focar melhorias que aumentem a eficiência do sistema reduzindo as reprogramações de curto prazo e conseqüentemente aumentando os lucros. Além do estudo de caso também será apresentada uma revisão bibliográfica dos principais tópicos como: tipos de produção e a definição de seqüenciamento da produção.

**Palavras Chave:** Seqüenciamento da produção, Produção sob encomenda.

## **A study of the sequencing of a production order for a company in the metal mechanic sector**

### **Abstract:**

This work was carried out in an industry sector metal mechanical that produces custom lifting equipment. The main objective is to analyze the sequencing of production machining industry in order to calculate the efficiency of the load machine, and raise the points that interfere for not following the plan tasks. Through this study will focus on improvements that can increase system efficiency by reducing short-term rescheduling, therefore increasing profits. Besides the case study will also be presented a literature review of the main topics as: types of production and the definition of production of sequencing. therefore increasing profit.

**Keywords:** Production Sequencing, Custom Production.

### **1. Introdução**

Com a crescente competitividade do mercado, as empresas tendem a evoluir com novas tecnologias de fabricação e sistemas produtivos cada vez mais modernos e eficientes, buscando o maior aproveitamento dos recursos fabris.

Na busca da competitividade por nichos de mercado, o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP), passa a executar atividades importantes para atingir as metas estipuladas pela organização. Entre essas atividades encontram-se: a alocação correta dos recursos, o planejamento e a realização do seqüenciamento da produção (carga máquina). No entanto, vários fatores estão presentes no cotidiano do processo operacional fazendo com que o planejado não se cumpra, e demandando rápidas tomadas de decisões a fim de minimizar os erros.

O artigo tem como objetivo principal identificar as falhas do seqüenciamento da produção no setor de usinagem da empresa X. Esta pertence ao setor metal-mecânico, e caracteriza-se pela

produção sob encomenda de equipamentos de elevação e transporte de carga, principalmente pontes rolantes e pórticos de média e alta capacidade de carga.

A fim de entender e analisar todo o funcionamento do seqüenciamento da produção da empresa X será feito um levantamento bibliográfico sobre os principais tópicos do trabalho. Em seguida, será realizado o estudo de caso enfocando-se os principais pontos a serem melhorados na elaboração da carga máquina de forma a aumentar a eficiência do sistema, e reduzir o número de reprogramações.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Planejamento e Controle da Produção

Segundo Slack (2002) o propósito do PCP é garantir eficiência e eficácia nos processos de produção de modo a atender as necessidades dos clientes. Ainda diferencia planejamento sendo a definição de um conjunto de intenções e o controle sendo um conjunto de ações que façam que o plano seja cumprido.

Para Tubino (2008) as empresas funcionam e são tratadas como grandes sistemas de transformação que recebem insumos e os transformam em bens ou serviços. E para que estes sistemas funcionem de maneira correta deve-se pensar em prazos, e planos para produção de modo que consiga honrar seus compromissos. O planejamento é dividido em diferentes horizontes de tempo, podendo ser a longo, médio ou curto prazo, e para a montagem dos dados e tomadas de decisões as empresa são obrigados a criar um departamento de apoio à produção ligado à diretoria industrial chamado setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP), cujo papel principal é a coordenação e aplicação dos recursos produtivos de modo a atender os planos nos níveis estratégico, tático e operacional.

Já Pires (1995), diz que PCP pode ser definido simplesmente como sendo um conjunto de atividades gerenciais a serem executadas e que são fundamentais para que se concretize a produção de um bem ou serviço. Na visão de Russomano (1995) o PCP é o elemento decisivo na estratégia das empresas para enfrentar as crescentes exigências dos consumidores por melhor qualidade, maior variação de modelos e entregas mais confiáveis.

Segundo Slack (2002), o setor de PCP é o responsável pela administração da produção preocupando-se com a maneira que um bem / serviço é produzido. Surgi então o termo gestão da produção que é a tomada de decisão e as atividades realizadas pelos gestores ou responsáveis pela produção. Ainda ressalta que se a administração da produção for inovadora, criativa e vigorosa para criação de novas maneiras de produzir bens e serviços, a organização sobreviverá a longo prazo, pois dará a ela uma vantagem competitiva em relação ao seus concorrentes.

Para Corrêa (2008) a gestão da produção é a administração para produção de bens ou serviços com o foco em agregação de valor ao cliente.

Ainda segundo Corrêa e Gianesi (2010), as atividades do PCP podem ser dirigidas e operacionalizadas com o auxílio de basicamente três sistemas: *Material Requirements Planning (MRP) / Manufacturing Resources; Planning (MRP II); Just in Time (JIT); Optimized Production Technology (OPT)*.

### 2.2. MRP/MRP II

Segundo Martins (2005) o sistema o MRP surgiu durante a década de 60, com o objetivo de executar computacionalmente na época através de *mainframes* a atividade de planejamento das necessidades de materiais, permitindo assim determinar, precisa e rapidamente, às

prioridades das ordens de compra e fabricação. Já Slack (2002) define MRP sendo uma série de decisões referentes à quantidade e o prazo que os materiais serão necessários para a produção de um bem.

Para Russomano (1995), os benefícios trazidos pelo MRP são: redução do custo de estoque; melhoria da eficiência da emissão e da programação; redução dos custos operacionais e aumento da eficiência da fábrica.

O conceito de MRP durante os anos 80 e 90 se expandiu e integrou-se entre todos os setores da empresa, surgindo o MRP II. Sendo este considerado um “plano global” levando em consideração as implicações de demandas futuras, engenharia, e financeiro. (Slack, 2002).

Segundo Corrêa (2008), o MRP II é um sistema integrado de planejamento e programação da produção, baseado no uso de computadores. Estes *softwares* são estruturados de forma modular. O módulo: *Production Planning* (PP): é usado para um planejamento de longo prazo; *Master Production Schedule* (MPS): determina a viabilidade dos planos de produção quanto à capacidade de produção; *Material Requirements Planning* (MRP): a partir dos dados fornecidos pelo MPS, o MRP “explode” as necessidades de produtos em necessidades de compras e de produção; *Capacity Requirements Planning* (CRP): faz o cálculo a capacidade necessária de cada centro produtivo com base nos roteiros de fabricação, permitindo assim a identificação de ociosidade ou excesso de capacidade; *Shop Floor Control* (SFC): busca garantir as prioridades calculadas e fornecer *feedback* do andamento da produção.

Corrêa e Giansesi (2010) destacam que o MRP II inicia-se a partir das datas solicitadas de entrega dos pedidos e calcula as necessidades de materiais para cumpri-las, programando as atividades da frente para trás no tempo, com o objetivo de realizá-las sempre na data mais tarde possível.

### **2.3. Just in Time (JIT)**

O *just in time* surgiu com a necessidade das empresas japonesas do setor automobilístico, em especial a *Toyota Motor Company*, de desenvolver métodos diferentes de fabricar veículos em relação aos utilizados pelas indústrias americanas da época, onde o destaque era o sistema de produção em massa da *Ford Company* e *General Motor*. Estes novos métodos criados por Taiichi Ohno resultaram em um novo modelo de sistema de produção, conhecido como também com sistema de produção enxuta ou sistema Toyota de produção. (Womack, 1992).

Segundo Ohno (1997) JIT é o principal pilar do sistema Toyota de produção. E através deste sistema o produto ou matéria prima “chegam” ao local de utilização somente no momento em que for necessário, ou seja, só é fabricado com a necessidade da montagem ou a tempo de serem entregues no prazo estipulado. Complementa Slack (2002) que JIT significa produzir bens e serviços apenas no momento necessário, sem que haja estoques, e que o cliente receba na data estipulada. Através da eliminação dos desperdícios, é possível atribuir ao JIT as variáveis qualidade e eficiência.

Para Ohno (1997), do ponto de vista gestão da produção, as atividades devem ocorrer apenas no momento em que são necessárias. De acordo com Martins (2005) algumas empresas no ocidente, que estão utilizando a filosofia JIT, não abandonaram seus sistemas MRP ou MRPII. Mas os mesmos foram simplificados sendo que os sistemas MRP e MRPII passaram a ser utilizados mais como ferramentas de planejamento. Criando – se então os sistemas híbridos de produção. Existe também, outro importante sistema de gestão denominado de *Optimized Production Technology*, e que será apresentado no tópico a seguir.

### **2.4. Optimized Production Technology (OPT)**

Segundo Slack (2002), muitos sistemas de produção estão sendo criados levando em consideração a capacidade do sistema produtivo. O mais conhecido é a teoria das restrições, que foi desenvolvido para focar nos recursos gargalos, ou seja, recursos quais apresentam restrições de capacidade. A abordagem que utiliza esse conceito se chama OPT.

De acordo com Goldratt (2002) a técnica funciona com base em um *software* que auxilia a programação da produção levando em consideração os recursos gargalos.

Slack (2002) utiliza também o termo Tambor – Corda – Pulmão. O tambor é a capacidade de produção do recurso gargalo, sendo esse recurso que dá ritmo à produção, o termo corda se refere à programação através da capacidade do gargalo, puxando o trabalho no ritmo do tambor, e o pulmão refere-se a estoques colocados antes do gargalo a fim de prevenir falhas no processo.

## 2.5. Produção por encomenda

Pires (1995) classifica os sistemas produtivos de uma forma bastante simples, que se dividem em dois tipos: os que produzem para estoque e os que produzem por encomenda, cuja característica básica é que no primeiro caso a produção é feita antes da venda e na produção por encomenda, primeiro vende depois produz.

Já Tubino (2008) divide os sistemas produtivos em quatro sistemas distintos: Sistema contínuo, sistemas em massa, sistemas em lotes, e o quarto sistema, que é o sistema de produção por encomenda que é caracterizado pelo atendimento específico das necessidades dos clientes, com baixo volume tendendo a unitário e que o PCP em sistemas de produção por encomenda deve apresentar alta flexibilidade dos recursos produtivos para atender as especificações do cliente, gerando custos produtivos mais altos comparados aos sistemas anteriores.

Para Slack (2002) o processo de *Jobbing*, é o processo de produção por encomenda, caracterizado por processos com alta variedade e baixo volume de produção. Já Pires (1995) classifica os sistemas produtivos em três tipos básicos: *Make to Stock* (MTS) que é caracterizado pelos “produtos de prateleiras” produzidos através de uma previsão de demanda, o *Assembly to Order* (ATO) os subconjuntos ou componentes são armazenados até o pedido do cliente, e a partir do pedido final do cliente são montados, já o *Make to Order* (MTO) a produção só se inicia com o pedido formal do cliente. Acrescenta ainda mais o sistema produtivo *Engineer to Order* (ETO) que funciona como uma extensão do MTO, com o projeto sendo feito de acordo com a especificação do cliente. De forma a atender as necessidades do cliente, cumprir os prazos e manter um melhor aproveitamento dos recursos, uma das mais importantes atividades na produção por encomenda é o seqüenciamento da produção.

## 2.6. Seqüenciamento da Produção

Segundo Corrêa (2008) o planejamento da produção existe em diferentes horizontes de tempo, longo, médio e curto prazo, destacando o seqüenciamento e programação da produção que é o planejamento de curto prazo.

Para Araujo (2003), as decisões tomadas nos problemas de seqüenciamento da produção são de curto prazo ou ainda, de nível operacional.

Para um bom planejamento, programação e controle da produção (PPCP) de curto prazo certas informações devem ser coletadas no dia-a-dia da produção, como quantidade de peças produzidas: por turno, por ordem de fabricação e retrabalhos, além de registrar os tempos de: *setup*, máquina parada, processamento e movimentação e destaca a necessidade de se identificar os gargalos (RIBAS, 2010).O seqüenciamento da produção consiste em definir as

ordens de entrada das tarefas a serem executada, com a finalidade de maximizar a taxa de produção (MONTEVECHI, 2002).

Slack (2002) define seqüenciamento sendo a tomada de decisão sobre a ordem em que as atividades serão cumpridas e acrescenta que comumente a ferramenta utilizada para a representação do planejamento é o gráfico de *Gantt*. Com a utilização desse gráfico é possível “testar” programações alternativas (MONTEVECHI, 2002).

Segundo Corrêa (2008) testar as diversas alternativas podem trazer bons resultados, pelo fato de existir vários fatores que interferem na decisão do seqüenciamento da produção, sendo eles: Datas de entregas das ordens de produção; Estágio de realização da ordem de produção; Cada ordem apresenta tempo de *setup* (troca de ferramenta, ou tempo de preparação de máquina) diferente da outra; Possibilidade de uso de máquinas alternativas diferentes do roteiro da ordem; As ordens podem ser de clientes com diferentes importâncias; Quebra de máquinas; Atraso de matéria Prima; Falta de ferramentas; Falta de funcionários; Problemas de qualidade; Operações pós-produção; Operações com recursos gargalos.

Para Toso (2004), os tamanhos dos lotes de produção também influenciam consideravelmente no seqüenciamento e programação da produção. Destaca a importância de analisar em que ordem serão realizadas as tarefas de forma a minimizar os tempos de preparação (*setup*), maximizando a capacidade produtiva.

Segundo Corrêa (2008) os fatores a serem considerados no momento de definir o seqüenciamento da produção, são eles: Tempo de processamento; Data de entrega prometida; Momento de entrada da ordem na fábrica; Momento de entrada da ordem no centro de trabalho; Importância do cliente solicitante; Tempo de operações restantes. Afirma Slack (2002) que a eficiência do seqüenciamento pode ser analisada através do atendimento das datas prometidas, tempo de fluxo, quantidade de estoque gerado, e tempo ocioso do centro de trabalho. Algumas regras que podem ser utilizadas para determinar as prioridades em centros de trabalho (*job-shops*) podem ser vistas na Figura 1 abaixo:

Regras de seqüenciamento usuais para determinar prioridade em <i>job-shops</i>		
Sigla	Significado	Definição
FIFO	<i>First In First Out</i>	A primeira tarefa a chegar ao centro de trabalho é a primeira a ser atendida.
FSFO	<i>First in the System, First Out</i>	A primeira tarefa a chegar à unidade produtiva é a primeira a ser atendida.
SOT	<i>Shortest Operation Time</i>	Tarefa com menor tempo de operação no centro de trabalho é a primeira a ser atendida
SOT1	<i>Shortest Operation Time</i>	Mesma SOT, mas com limitante de tempo máximo de espera para evitar que ordens longas esperem muito.
EDD	<i>Earliest Due Date</i>	A tarefa com data prometida mais próxima é processada antes.
SS	<i>Static Slack</i>	Folga estática calculada como “tempo até a data prometida menos tempo de operação restante”.
DS	<i>Dynamic Slack</i>	Folga dinâmica, calculada como “tempo até a data prometida dividido pelo tempo total de operação restante”.
CR	<i>Critical Ratio</i>	Razão crítica, calculada como “tempo até a data prometida dividido pelo tempo total de operação restante”.

Figura 1: Regras de Seqüenciamento adaptado Corrêa (2009, p.581)

### 3. Metodologia

De acordo com Marconi e Lakatos (2002), o intuito de se realizar uma pesquisa é obter respostas para questões, através da aplicação de um método científico. No trabalho será realizado um levantamento em artigos de periódicos, e livros buscando temas como: tipos de produção, produção por encomenda, regras de seqüenciamento da produção, sistemas de administração da produção e carregamento o que consolidou o conhecimento necessário e deu base ao trabalho. Segundo Lakatos e Marconi (2009), é indispensável correlacionar o tema central do trabalho com o universo teórico, pois é esse embasamento que possibilita a interpretação dos dados obtidos.

O trabalho se tornará possível através da pesquisa quantitativa e participante, transformando o problema em algo mensurável. Para Severino (2007) a pesquisa participante ajuda na observação das manifestações dos sujeitos envolvidos, tornando-se possível a descrição e análise do problema.

Segundo Marconi e Lakatos (2002), os dados quando possível devem ser expressos em medidas numéricas, e que os relatórios da pesquisa quantitativa deve mostrar tabelas de percentuais e gráficos. Através do método utilizado serão expostas as características do seqüenciamento da produção da empresa X, que opera com o sistema sob encomenda.

Para a coleta de dados o instrumento chave será o histórico de produção e a observação do cotidiano da produção, buscando levantar quais as dificuldades de fabricar de forma mais adequada, na hora certa e da melhor maneira. Os valores apresentados no trabalho serão coletados e tabulados de forma a quantificar e possibilitar comparações e informações futuras. Através dos dados levantados, será feita uma breve descrição do funcionamento do planejamento da produção da empresa. Após a descrição serão listados os problemas que mais interferem e que acabam dificultando o cumprimento da carga máquina. Pretende-se através desse estudo focar melhorias nos pontos que aumentem a eficiência do sistema.

### 4. Estudo de Caso

#### 4.1. A empresa

Para acompanhar o crescimento do setor metal mecânico as empresas desse ramo necessitam evoluir rapidamente. Com o intuito de propor um aumento de produção utilizando os mesmos recursos disponíveis será realizado um estudo de eficiência do planejamento da produção da empresa X.

A empresa X é considerada como de médio porte e situa-se no interior de São Paulo. Entre seus principais produtos tem-se: pontes rolantes e pórticos de média e alta capacidade de carga, que são fabricados sob encomenda.

O sistema de administração utilizado é o MRP II interligando os departamentos e como regra básica de seqüenciamento é adotado o *earliest due date* (EDD), ou seja, as atividades com datas prometidas mais próximas são processadas primeiro. Além de produzir por encomenda o projeto do produto é desenvolvido pela própria planta, e inicia-se desde as etapas de cálculos, projetos, desenhos, produção até a montagem no cliente.

Portanto o sistema *Engineering to Order* (ETO) passou a ser o diferencial desta organização, permitindo entregar equipamentos aos clientes de forma que atenda completamente suas necessidades específicas. Seus clientes são grandes siderúrgicas, hidrelétricas, petrolíferas, entre outras (PEREIRA, 2011).

Recentemente além de seu *Know-How*, vem se destacando na prestação de serviços de usinagem. O estudo será focado neste setor, pelo fato de ser uma área bastante complexa no que diz respeito à programação e controle da produção.

Esta seção é composta atualmente por 25 colaboradores, sendo a maioria deles bastante experientes. Entendendo a necessidade de renovação do time possui três menores aprendizes que veem sendo treinados na área.

O setor de usinagem é composto por: máquinas (tornos, fresadoras, mandrilhadoras entre outras) de alto desempenho e com capacidade de usinagem de peças de grande porte. Estes equipamentos permitem executar tarefas com grande precisão, atendendo aos pedidos internos e também prestando serviço de usinagem. Para atender a demanda dos serviços com alta qualidade e não atrasar a entrega dos pedidos é ideal que se trabalhe com uma carga máquina próxima dos 100% de eficiência.

O setor responsável pelo sequenciamento da produção é o PCP, e sua primeira atividade é estabelecer o prazo de entrega dos equipamentos ou serviços a serem negociados. Efetuada a venda, faz-se a abertura das ordens de serviço (OS), que são números sequenciais que acompanham a peça durante todo o processo de fabricação.

#### 4.2. Resultados e Discussão

Após todo o processo descrito acima, o PCP realiza a carga de cada máquina em determinado espaço de tempo, utilizando a ferramenta *MS Project*, que facilita a visualização de quando e onde as atividades deverão acontecer.

As tarefas a serem executadas são retiradas do Sistema de Gerenciamento Industrial (SGI), onde constam as datas de necessidades e a duração prevista de cada uma delas.

A carga máquina nada mais é do que um cronograma elaborado no *MS Project*, com base na data de necessidades e a duração de cada tarefa o planejador define o melhor sequenciamento e a quantidade de recursos necessários para cumprimento do prazo. Encerrada essa etapa cabe analisar se as datas de início e término planejadas estão sendo realizadas. Quando isso não ocorre é necessário a realização de uma reprogramação, devido a presença de muitas variáveis decorrentes do processo de produção.

A eficiência da carga máquina é ilustrada no gráfico 1. O resultado é a relação entre as horas realizadas e as previstas durante o período de 01/06/2011 a 30/09/2011.

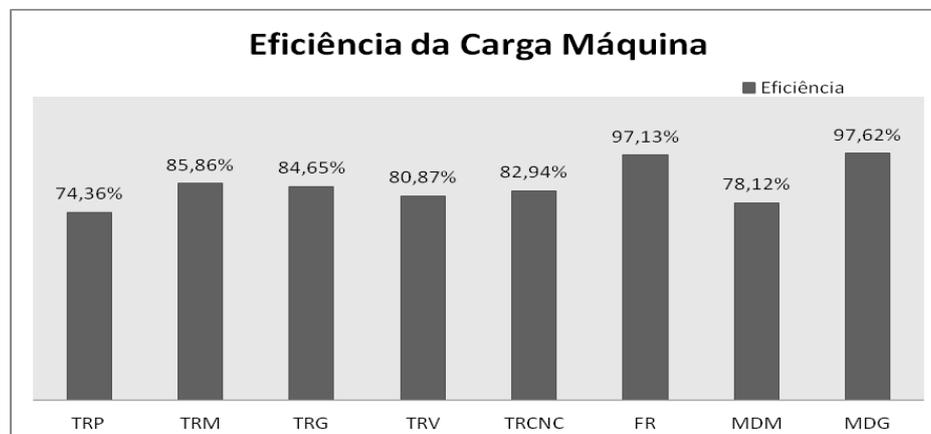


Gráfico 1: Eficiência da Carga Máquina adaptado de PEREIRA (2011)

As horas planejadas foram coletadas diretamente da carga elaborada no *MS Project*, já as horas previstas foram retiradas do SGI (tabela 1) que é alimentado pelos apontamentos de mão de obra.

	Torno Pequeno TRP		Tornos Médios TRM		Torno Grande TRG		Torno Vertical TRV	
	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)
Jun/11	243	215	780	881	264	262	220	170
Jul/11	218	176	626	513	320	248	138	131
Ago/11	352	387	787	664	175	146	198	160
Set/11	204	179	770	650	205	160	66	42
	Tornos CNC TRCNC		Fresadora FR		Mandrilhadoras Médias MDM		Mandrilhadoras Grandes MDG	
	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)	Previsto (Hr)	Realizado (Hr)
Jun/11	363	359	205	207	640	522	571	574
Jul/11	306	252	194	169	572	477	540	502
Ago/11	536	429	169	170	641	425	588	626
Set/11	407	297	198	198	450	375	609	551

Tabela 1: Horas Planejadas e Realizadas de 01/06 à 30/09/11 adaptado de PEREIRA (2011)

Essa diferença da carga ideal (100%) se dá pela quantidade de reprogramações e perda de tempo de produção. Os motivos mais relevantes que ocasionam a perda de eficiência do sistema são: horas gastas com retrabalhos, montagem mecânica, erro de previsão de horas, transporte interno ineficiente, resistência a mudanças, falta de cultura e quebras de máquinas.

É importante ressaltar que as horas gastas com retrabalhos não são quantificadas na elaboração da carga máquina. Cabe ao departamento de métodos definir o processo e quantificar as horas de cada atividade, mas quando se trata de algum retrabalho esse processo não é realizado. Mesmo não ultrapassando 3%, esses retrabalhos fazem com que ocorram atrasos na produção.

A montagem mecânica dos equipamentos é uma das grandes responsáveis pelo não cumprimento da carga máquina. Às vezes, na etapa de montagem dos equipamentos alguns ajustes ou até adaptações são necessários utilizando o serviço de usinagem. Como se trata de tarefas a caráter de urgência é preciso interferir no seqüenciamento planejado, para que não ocorram atrasos nas entregas dos pedidos. Desta forma, além do tempo de execução da tarefa se perde muito tempo com a realização do *setup*.

O erro no cálculo da previsão de horas ocorre principalmente quando se trata de peças que nunca foram fabricadas, não existindo um histórico de produção anterior. Desta forma, a previsão é baseada em cálculos teóricos de tempos de usinagem que muitas vezes diferem da realidade do chão de fábrica.

O transporte interno é pouco eficiente, principalmente quando as peças têm seqüências de fabricação em outros setores da empresa, como caldeiraria, solda ou pintura. De acordo com o cronograma interno a realização da tarefa deveria ser iniciada, mas essas peças ou matérias primas levam tempo a ir de um setor ao outro não estando disponíveis na hora de fabricá-las.

A resistência a mudanças na maneira de se executar a tarefa se dá pelo fato dos colaboradores serem muitos experientes e treinados na função. Essa experiência contribui positivamente para a redução de retrabalhos. A empresa já possui uma cultura organizacional consolidada no

processo produtivo que envolve alguns fatores críticos, tais como: entendimento da necessidade de produção no tempo correto e a forma de executar o trabalho, além de desperdícios de recursos, ocasionado a falta de consciência dos colaboradores em executar o que foi proposto pelo PCP.

Destaca-se também, os problemas relativos às falhas e as quebras dos equipamentos, que causam a queda de eficiência do sistema por falta de um plano eficaz de manutenção preventiva, ou pelo grande tempo de execução da manutenção corretiva.

Todos esses fatores que ocasionam o não cumprimento da carga máquina acima citados, são tarefas que não agregam valor ao produto final. Desta forma, ao executar essas atividades o sistema esta deixando de realizar trabalhos que trariam maiores lucros para a empresa, entre eles: menores prazos de entrega dos equipamentos e maior possibilidade de vendas de serviços de usinagem.

A fim de quantificar o valor de uma hora trabalhada considerando que todas as máquinas estão em operação estabelece-se uma relação de custos entre elas (tabela 2). É utilizada a relação levando-se em consideração o valor da hora máquina referente ao torno pequeno (TRP). Essa hora é considerada como sendo a de menor valor entre todas. No entanto, deve-se ressaltar que devido à dificuldade de acesso aos dados estratégicos da empresa com relação aos custos de produção, não foi possível informar o valor real de uma hora de operação desta máquina, sendo assim para efeitos de cálculo será adotado o valor fictício R\$ Y.

A tabela 2, a seguir apresenta o valor de uma hora de operação de cada máquina, em relação ao menor valor praticado que é R\$ Y, esta relação foi fornecida pela empresa X, e é usada na realocação de máquinas para executar mesmas tarefas.

Máquina	Qtde de Máquinas	Valor Hora Máquina
TRP	1	Y
TRM	3	1,114Y
TRG	1	1,303Y
TRV	1	1,273Y
TRCNC	2	1,391Y
FR	1	1,114Y
MDM	3	1,251Y
MDG	2	3,159Y

Tabela 2: Valor da hora de cada máquina em função de Y (Empresa X)

De acordo com as relações acima, pode-se calcular o valor de uma hora de operação de todo o sistema em função de Y. O cálculo foi realizado da seguinte maneira: multiplicou-se a quantidade de máquina pelo valor da hora correspondente a ela, desta forma quantificou o valor da hora das máquinas com mesmas características (valor do centro de custos). O resultado pode ser visto na Tabela 3.

Máquina	Valor Hora/ Centro de Custo
TRP	Y
TRM	3,342Y
TRG	1,303Y
TRV	1,273Y
TRCNC	2,782Y
FR	1,114Y
MDM	3,753Y
MDG	6,318Y

Tabela 3: Valor da Hora de cada Centro de Custo

Após encontrar o valor de uma hora de operação de cada centro de custo, somam-se os todos os valores, obtendo-se como resultado uma hora de trabalho (R\$) do sistema em função de Y. Supondo que todas as máquinas operem ao mesmo tempo.

O resultado encontrado esta expreso na equação 1 abaixo, descrevendo o valor de uma Hora de Trabalho do Sistema, denominado VHTS:

$$\mathbf{VHTS = 19,97 Y}$$

Através desta função é possível chegar a um valor de uma hora de operação do sistema em função de Y.

Para facilitar a compreensão dos cálculos realizados será utilizado um exemplo: Cálculo do valor de uma hora do sistema supondo que a hora máquina do torno pequeno custa R\$ 50,00.

$$\mathbf{VHTS = 19,97 * 50,00}$$

$$\mathbf{VHTS = R\$ 998,50}$$

Deste modo, através do valor de operação do sistema, pode-se calcular o quanto a empresa X pode lucrar com o aumento da eficiência da carga máquina.

Utilizando os dados da Tabela 1, coletados no período de 01/07 a 30/09/11, foi possível calcular a média mensal de horas realizadas, bem como a eficiência global (Tabela 4).

RESULTADOS E EFICIÊNCIA				
Máquina	Previsto	Realizado	Media Mensal	%
TRP	1287	957	239,25	74,36%
TRM	3154	2708	677	85,86%
TRG	964	816	204	84,65%
TRV	622	503	125,75	80,87%
TRCNC	1612	1337	334,25	82,94%
FR	766	744	186	97,13%
MDM	2303	1799	449,75	78,12%
MDG	2308	2253	563,25	97,62%
<b>TOTAL</b>	<b>13016</b>	<b>11117</b>	<b>2779,25</b>	<b>85,41%</b>

Tabela 4: Resultados e Eficiência

Pode-se dizer que ao final do período foram executadas 11.117 horas devidamente planejadas pelo PCP, o que corresponde a uma média mensal de 2.779,25 horas. Estas são consideradas horas que agregaram valor ao produto final. Já a eficiência global significa que apenas 85% das atividades programadas pelo PCP foram realizadas no momento correto. Os outros 15% foram de atividades que não agregaram valor ao produto final.

Com intuito de saber o quanto o sistema deixa de lucrar com essas atividades não planejadas foi realizado o cálculo do valor correspondente a cada um 1% de perda da eficiência, ou seja, 1% da horas trabalhadas durante o mês corresponde a:

$$1\% = \text{Hora realizada durante o mês} * 0,01$$

$$1\% = 2.779,25 * 0,01 \quad 1\% = 27,79 \text{ horas}$$

O cálculo acima revela que a cada 1% de melhora na eficiência do sistema é possível aumentar aproximadamente 28 horas de trabalho durante um mês. Com isto será obtido um Lucro a Cada Percentual (LCP) de:

$$LCP = VHTS * 28$$

$$LCP = 19,97Y * 28$$

$$LCP \approx 559Y$$

Através da equação LCP é possível calcular o lucro gerado a cada percentual de melhora na eficiência do sistema em função de Y. Veja o exemplo:

Cálculo do lucro gerado durante o mês com o aumento da eficiência do sistema em 1%, supondo que o valor da hora máquina do TRP é R\$ 50,00.

$$LCP \approx 559 * 50,00$$

$$LCP \approx R\$ 27.950,00$$

## 5. Conclusão

Com o presente trabalho foi possível concluir que o seqüenciamento de uma produção por encomenda se torna bastante complexo, pois são muitas as variáveis que interferem no processo, dificultando a execução do planejado.

Também foi possível observar que as variáveis são de difícil previsão, o que impossibilita trabalhar com uma carga máquina próximo aos 100% de eficiência. Para que isso ocorra é necessário um bom sincronismo de todos os setores da empresa, além de um longo período de treinamento dos envolvidos no cumprimento da produção planejada. Deste modo é necessário focar melhorias diretamente nos pontos observados nesse estudo como: quantificar as horas gastas com retrabalhos, prever uma média de horas gastas com a montagem mecânica, minimizar os erros de previsão de horas, tornar o transporte interno mais eficiente através de um estudo de logística, aos poucos implantar uma nova cultura organizacional e criar um planejamento de manutenção de modo a minimizar as quebras de máquinas. Estas medidas irão elevar a eficiência do sistema que hoje é de aproximadamente 85%.

As ações e os esforços a serem empregados para a melhoria do sistema são justificados através dos cálculos que comprovam o aumento expressivo nos lucros ao final do período a cada percentual de eficiência aumentado.

É importante ressaltar que este trabalho mostrou situações que ocorrem corriqueiramente no “chão de fábrica”, podendo ser útil para um estudo mais aprofundado sobre a melhor maneira de realizar o seqüenciamento de uma produção por encomenda.

## 6. Referências Bibliográficas

- ARAUJO, S. A. Modelos e métodos para o planejamento e programação da produção aplicados no setor de fundições. 2003. 143 f. Dissertação (Doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC – Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 1ª ed.. São Paulo: Atlas, 2008. e 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI I. G. N.; CAON M. Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação: base para SAP, Oracle Applications e outros softwares integrados de gestão. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GOLDRATT, E. M.; JEFF C.: A META – Um processo de melhoria contínua. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 2002.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia do Trabalho Científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI F. P. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MONTEVECHI, J. A. (2002). Análise comparativa entre regras heurísticas de seqüenciamento da produção aplicada em job shop. Revista Produto & Produção, Itajubá, v. 6, n. 2, p. 12-18, jun. 2002.
- OHNO, R. O sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PEREIRA, F. B. Seqüenciamento de uma Produção por Encomenda. Centro Universitário Hermínio Ometto, 2011.T rabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção).
- PIRES S. R. Gestão Estratégica da Produção. Piracicaba: Unimep, 1995.
- RIBAS, D. F. (2010). Sistema de Programação Avançada da Produção com Capacidade Finita: O Caso da TRAF0 Transformadores de Força do RS. Revista INGEPRO, Rio Grande do Sul, v. 2, n.5, p.80-95, maio 2010.
- RUSSOMANO, Victor Henrique. PCP: Planejamento e controle da produção – 5 ed. São Paulo: Pioneira, 1995.
- SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. 23. ed. ver. atual. São Paulo: Cortez, 2007.
- SLACK, N.; CHAMBERS S.; JOHNSTON R. Administração da Produção. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TOSO, E. A. V. (2004) Otimização no Dimensionamento e Sequenciamento de Lotes de Produção: Estudo de caso numa fábrica de rações. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 203-207, mai – ago 2005.
- TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática. 1. Ed.. São Paulo: Atlas, 2008.
- WOMACK, J.; JONES, D. e ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.