PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA ABORDAGEM QUICK RESPONSE MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Moacir Godinho Filho (UFSCar)
moacir@dep.ufscar.br
Clarissa Fullin Barco (UFSCar)
cfbarco@hotmail.com
Juliana Keiko Sagawa (UFSCar)
jsagawa@sc.usp.br
Daniele Kinoshita (UFSCar)
danikino@gmail.com
Maria Gabriela Mendonca Peixoto (UFSCar)
mgabi_adm@yahoo.com.br

A competição baseada no tempo, ou TBC (Time-Based Competition) tem motivado empresas de manufatura e de serviços a atenderem mais rapidamente seus clientes e a buscarem, cada vez mais, melhorias em suas funções de produção. Assim, o lead tiime se torna um fator-chave e iniciativas para sua redução se tornam um diferencial competitivo. Neste trabalho, a abordagem QRM (Quick Response Manufacturing), que foca a contínua redução do lead time, foi aplicada em uma empresa do setor automobilístico com o objetivo de reduzir o tempo de atravessamento do processo produtivo de direções hidráulicas. Entrevistas e coletas de dados do processo produtivo estudado serviram de input para a análise dos problemas por meio de ferramentas como MCT (Manufacturing Critical Path) e Benchmarking Interno. Os resultados esperados com a aplicação da abordagem QRM são uma redução de 26% do lead time do processo produtivo analisado, além de redução dos estoques em processo e melhorias no controle da produção da empresa. O presente trabalho também contribui para a divulgação da abordagem QRM no Brasil.

Palavras-chaves: lead time, quick response manufacturing, setor automobilístico.

1. Introdução

A importância do direcionamento estratégico de uma empresa, atualmente, é inquestionável. De acordo com Hayes et al. (2008), a evolução do processamento de informações e o surgimento e fortalecimento de novos mercados capitalistas resultou na mudança dos paradigmas de produção e comercialização, e, especialmente, no acirramento da competição mundial.

Segundo Nahmias (2001), a estratégia de operações deve estabelecer os meios pelos quais a empresa utiliza seus recursos visando atingir seus objetivos competitivos. Para empresas de manufatura, tal estratégia fornece o direcionamento das decisões referentes à produção, nível de estoques e distribuição, por exemplo. Nesse âmbito, Slack (2001) considera os mesmo objetivos de desempenho básicos relacionados à satisfação das exigências dos consumidores: custo, velocidade, confiabilidade, qualidade e flexibilidade.

Para muitas empresas, atualmente, a melhoria da competitividade implica a necessidade de foco em velocidade. É exigido de muitas empresas fornecedoras, por exemplo, que entreguem os produtos rapidamente e na data mais próxima possível de seu consumo, ou seja, segundo a lógica *just-in-time*. Basicamente, o fator velocidade inclui dois aspectos: velocidade de entrega e velocidade de introdução de novos produtos no mercado. Esses aspectos, por sua vez, implicam diretamente na redução de *lead times* de manufatura e de desenvolvimento de produto. Neste ponto pode-se observar a importância do estudo de metodologias que enfoquem diretamente na redução de *lead times* e do estudo de aplicações dessas metodologias em empresas de manufatura.

A necessidade das empresas de aumentar a velocidade de reposta fez emergir a abordagem denominada Competição Baseada em Tempo, ou *Time-Based Competition* – TBC. Segundo Blackburn (1991), "a competição baseada em tempo foca-se [...] na cadeia inteira de entrega de valor". Os esforços da organização ficam focados "no tempo total requerido para entregar um produto ou serviço". A partir do TBC, Suri (1998) desenvolveu uma metodologia especificamente aplicada a sistemas de manufatura, denominada *Quick Response Manufacturing* (QRM). Enquanto a abordagem de Produção Enxuta foca na eliminação dos desperdícios que não agregam valor, o QRM persegue continuamente a redução dos *lead times* das operações. O embasamento matemático da metodologia, bem como algumas de suas ferramentas advém da Teoria de Filas e dos princípios de Dinâmica dos Sistemas. Além disso, o QRM também apresenta um conjunto de princípios para a reestruturação do chão-de-fábrica, uma nova abordagem para o planejamento e controle de materiais e novos indicadores de desempenho.

Suri (1998) ainda destaca diversos benefícios para as empresas que conseguem reduzir seus *lead times* de manufatura. Um dos principais é a maior flexibilidade para atender às variações na demanda em termos de *mix* e volume, o que permite entregas mais rápidas e confiáveis. Isto, muitas vezes, é um fator ganhador de pedidos que garante maiores fatias de mercado à empresa. Além disso, há outros tipos de desperdício que são eliminados como conseqüência do aumento da velocidade de resposta da empresa, resultando em maior qualidade e menor custo.

Da perspectiva da cadeia de suprimentos, Vollmann et al. (2006) destaca que a redução dos *lead times* permite níveis de estoques mais baixos, ou seja, resulta em uma cadeia menos inflada e evita as variações abruptas e nocivas na demanda conhecidas como efeito chicote.

Diante de todo o contexto apresentado, o objetivo deste trabalho consiste na proposta de aplicação da abordagem *Quick Response Manufacuting (QRM)* a processos produtivos de uma empresa de manufatura de módulos e componentes para montadoras automotivas. O trabalho foi desenvolvido na forma de um estudo de caso, buscando atentar-se às necessidades estratégicas da empresa analisada.

O trabalho está organizado em 6 seções. Após a introdução, apresenta-se, na seção 2, uma exposição teórica das ferramentas da abordagem *Quick Response Manufacturing* que foram utilizados no desenvolvimento do caso selecionado. Dados da empresa e a descrição da metodologia utilizada estão apresentados na seção 3. A seção 4 contém a análise dos dados e o diagnóstico dos problemas. As propostas de melhorias e a análise dos resultados esperados são apresentadas na seção 5. Por fim, na seção 6, são apresentadas as considerações finais.

2. Fundamentos Teóricos: o QRM (*Quick Response Manufacturing*)

O QRM (*Quick Response Manufacturing*) pode ser definido como uma metodologia de melhoria com foco na contínua redução do *lead time*. De uma forma geral, o QRM propõe que a redução do *lead time* seja feita por meio da implementação de um projeto que segue, basicamente, uma metodologia de implantação específica composta por quatro fases: (i) coleta, análise de dados e identificação dos problemas; (ii) desenvolvimento de soluções utilizando os princípios e técnicas do QRM; (iii) propostas de melhorias, e, (iv) análise dos resultados esperados.

Na primeira fase, é possível utilizar várias técnicas e ferramentas para o levantamento e análise dos dados, tais como questionários, ferramentas da qualidade, simulação, dentre outras. No presente trabalho utilizou-se como ferramenta de coleta de dados:

- Entrevistas com diversos funcionários da empresa;

- Mapeamento do fluxo de valor: ferramenta da Manufatura Enxuta que permite identificar o fluxo de valor (de informações e materiais) de um processo produtivo; a análise de dados e a identificação.

- Mapeamento do MCT (*Manufacturing Critical Path):* ferramenta proposta por Suri (1998) para a identificação do *lead time* de um processo produtivo. O MCT é contato em dias de calendário e permite a visualização dos tempos processo e de tempos de espera, filas e outros desperdícios.

- *Bechmarking* interno: ferramenta de análise de desempenho de um processo produtivo proposta por Hoop e Spearman (2001). Tal ferramenta compara a atual *performance* de uma linha de produção com três situações: a melhor desempenho possível para essa linha, o pior e o pior caso prático possível. A partir dessas comparações é possível identificar oportunidades de melhorias e possíveis ineficiências do processo.

Ainda na fase de coleta, análise de dados e definição do problema, Suri (1998) propõe a definição de um segmento de mercado para os quais os esforços do QRM serão dirigidos. Tal foco inicial é denominado por Suri (1998) de FTMS (*Focused Target Market Subsegment*) e deve ser claramente determinado e delimitado.

Para o desenvolvimento de soluções, na segunda fase do trabalho, foram utilizados os princípios do QRM, propostos por Suri (1998). Para o presente trabalho, a exploração da dinâmica do sistema, por meio da análise de utilização, variabilidade e tamanho de lote é um fator chave.

A terceira fase consiste no desenvolvimento de propostas de melhorias. No presente trabalhos foram utilizadas as seguintes:

- *Time-slicing*: Suri (1998) apresenta como uma alternativa para a redução do lead time a reserva de tempo em um recurso compartilhado, de forma a evitar filas;

- LB POLCA: uma variante do sistema de coordenação de ordens híbrido, denominado POLCA, proposto por Suri (1998). O *Load Based* POLCA (LB POLCA), proposto por Vandaele et al.(2008), apresenta uma representação mais robusta da disponibilidade de capacidade dos recursos em situações nas quais os tempos de processamento das ordens variam significantemente e mudanças no mix de produtos são freqüentes.

Na última fase, são analisados os resultados esperados com a aplicação dos princípios do QRM. A obtenção de um novo MCT, análises financeiras em relação a ganhos e investimentos são úteis para quantificar os potenciais ganhos com as melhorias propostas.

3. Estudo de caso: situação atual e metodologia

3.1 A empresa

A empresa estudada desenvolve, produz e vende tecnologia de direção para veículos comerciais e para carros de passeio nas suas várias plantas. A unidade estudada localiza-se no interior de São Paulo e possui cerca de 600 funcionários. O foco do presente trabalho foi na produção de direções hidráulicas para veículos comerciais, que consiste na produção de cinco componentes principais (carcaça, eixo-setor, sem-fim, pistão e válvula) e na montagem desses componentes com os demais comprados pela empresa.

Para a fabricação dos componentes da direção hidráulica a empresa conta com um *layout* celular. Assim, todas as famílias de um determinado componente são produzidas em máquinas dedicadas para a fabricação de tais componentes. Uma particularidade do processo produtivo de dois componentes (eixo-setor e pistão) é o tratamento térmico, que é terceirizado. O contrato de terceirização do serviço é baseado em uma reserva de capacidade mensal. A empresa responsável pelo tratamento térmico possui vários fornos que são programados de acordo com a cadência necessária para atender as especificações técnicas das peças processadas e tem além de uma demanda própria, a demanda de clientes externos. Assim, a empresa estudada envia a programação mensal para a empresa contratada, assumindo então o compromisso de utilizar os fornos necessários para o processamento de suas peças. Direções hidráulicas e bombas hidráulicas são fabricadas pela empresa, porém, para o presente trabalho iremos focar apenas no produto direção hidráulica. A contratação do serviço prevê uma multa, caso a reserva feita pela empresa contratante exceder ou for inferior ao que de fato foi processado. A multa consiste no pagamento do valor do tratamento térmico por peça, havendo uma tolerância de 10% para a variação entre o planejado e o enviado para a empresa contratada.

3.2 Metodologia de pesquisa

As etapas do presente estudo estão de acordo com as quatro etapas previstas pelo QRM apresentadas na seção 2.1, que são: (i) coleta, análise de dados e identificação dos problemas; (ii) desenvolvimento de soluções utilizando os princípios e técnicas do QRM; (iii) propostas de melhorias, e, (iv) análise dos resultados esperados.

A fase de coleta de informações se deu por meio de entrevistas com o supervisor de planejamento e controle da produção. Nessa primeira entrevista, o entrevistado apontou o processo de fabricação dos componentes da direção hidráulica pistão e eixo-setor como processos de longos *lead times*. Além das entrevistas, informações importantes para a escolha do escopo do trabalho foram fornecidas pela empresa por meio da disponibilização de um

mapeamento do fluxo de valor dos processos produtivos da empresa. Tal mapeamento forneceu informações importantes, tais como tempos de fluxo, horas trabalhadas, estoques em processo, tempos de processamento, que foram essenciais para a escolha do FTMS: o processo de produção de direções hidráulicas.

Na parte de análise de dados, foi elaborado o MCT do processo de fabricação de direções hidráulicas na empresa estudada, que serviu como um guia para a identificação de processos com longos *lead times*. O MCT possibilitou que os pesquisadores desempenhassem o papel do "detetive QRM", que de acordo com Suri (1998), tem o objetivo de investigar e identificar as causas de filas e demais problemas geradores de altos tempos de atravessamento.

Após a obtenção das informações, o grupo pode realizar análises sobre o desempenho da empresa por meio da metodologia *Benchmarking* Interno, de Hopp e Spearman (2001). Em seguida, foram propostas melhorias para uma melhor coordenação de ordens entre as células produtoras e as linhas de montagem das direções hidráulicas, assim como uma diferente forma de planejar o processo de tratamento térmico de pistões e eixo-setor. Por fim, uma análise financeira foi realizada com o objetivo de mensurar os custos e potenciais benefícios da implantação das propostas sugeridas.

4. Estudo de caso: levantamento dos problemas

4.1 FTMS (*Focused Target Market Subsegment*)

O FTMS identificado e utilizado no projeto foi o processo de produção de direções hidráulicas. A justificativa para tal escolha compreende aspectos financeiros e operacionais. A produção de direções hidráulicas foi apontada pelo supervisor de PCP como um processo com longos *lead times* e com freqüente dificuldades em atingir a data prometida para o cliente. Inicialmente, foi apontado pelo entrevistado o processo de produção de dois componentes específicos: pistão e eixo-setor. Porém, uma análise mais criteriosa das informações obtidas permitiu concluir que a redução dos tempos de atravessamento desses dois componentes isoladamente não proporcionaria um ganho global para a entrega de direções hidráulicas.

Outro aspecto que justifica a escolha de tal segmento de mercado é a importância do produto direção hidráulica para a obtenção de bons resultados financeiros para a empresa. Uma análise "ABC" dos produtos comercializados pela empresa (Direção Hidráulica, Bomba Hidráulica, Reservatórios, Jogos de Reparo - kits, dentre outros) indica que as direções hidráulicas representam um volume de 20% das vendas da empresa, no entanto, tal volume representa 73% do faturamento da empresa.

O processo de produção da direção hidráulica da empresa consiste na usinagem de cinco componentes, que se juntam aos demais componentes comprados para serem montados, em linhas destinadas a essa etapa do processo. A figura 1 apresenta as principais etapas do processo de fabricação do produto. Todos os componentes que sofrem usinagem são processados em células de manufatura, onde os funcionários e máquinas são dedicados a fabricação de todas as famílias do componente a qual a célula se destina a produzir. Com exceção ao componente carcaça, todos os componentes fabricados pela empresa necessitam de um tratamento térmico para atingir as especificações técnicas e as exigências de qualidade que a empresa tem relação aos seus produtos. Para esses componentes as células de manufatura são compostas por duas células: uma antes do tratamento térmico, denominada "Fase verde" e outra após o tratamento térmico, denominada "Fase Dura". Na figura 1 as células da fase verde e também da fase dura estão representadas em um mesmo retângulo e simplesmente denominado usinagem do componente.

Aqui vale ressaltar que o tratamento térmico dos componentes pistão e eixo-setor é realizado

por outra empresa. Então, as peças são processadas nas suas respectivas células na "Fase Verde", vão para o tratamento térmico e depois voltam para serem finalizadas nas células destinadas à "Fase Dura" de tais componentes. Esse processo consome um tempo relativamente alto do processo de fabricação da direção hidráulica como um todo sendo, portanto, um dos pontos que o presente trabalho visou propor melhorias.

Além dos cinco componentes fabricados internamente, são necessários componentes comprados (nacional e internacionalmente), que se unem na linha de montagem. Observa-se aqui uma complexidade que torna a coordenação de ordens e planejamento da montagem uma tarefa desafiadora. Na linha de montagem, devem chegar na hora, nas quantidades e na sequência certas todos os componentes comprados e fabricados internamente.

Devido ao fato de que o produto produzido ser um item de segurança, vários testes devem ser realizados após a montagem dos mesmos. Assim que as direções são aprovadas nos testes, elas são encaminhadas para o setor de pintura, por fim, são expedidas para os clientes.

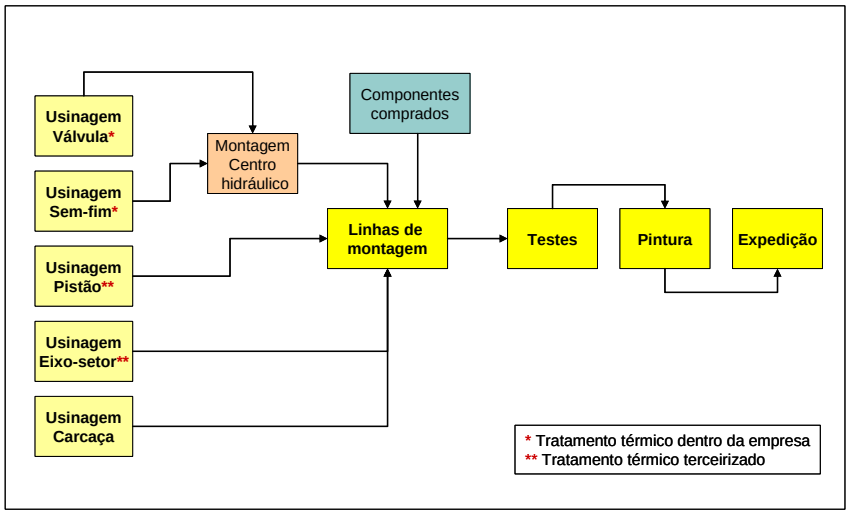

Figura 1 - Principais etapas do processo de produção do produto estudado

4.2 MCT *(Manufacturing Critical-path Time)* Original

Com o intuito de conhecer o tempo gasto para que o produto percorra o caminho necessário a sua manufatura, foi traçado o MCT inicial do processo estudado. Por meio da figura 2 pode-se observar a quantidade de tempo efetivamente produtivo incorporado ao produto. Os espaços preenchidos em preto (denominados por Suri (1998) de *touch time*) representam os tempos despendidos para a realização de um processo e os espaços 'em branco' referem-se a atividades que não agregam calor ao produto final, como esperas, transporte, estoques, filas, dentre outros. Para a elaboração do MCT, foram utilizadas informações de um mapeamento do fluxo de valor (ferramenta da teoria *lean manufacturing*, utilizada pela empresa) e também foram realizadas entrevistas com funcionários da empresa para melhor entendimento dos processos em questão.

Observa-se que o tempo entre uma nova ordem de pedido e a entrega para o cliente é atualmente de 17,74 dias, conforme apontado na figura abaixo. É importante ressaltar que o MCT aqui apresentado não considera o lead time de abastecimento das células de usinagem, portanto, as análises foram feitas com a consideração de que os materiais brutos já estavam disponíveis na fábrica.

Uma leitura mais detalhada permite observar que os maiores espaços em branco estão localizados antes e depois do tratamento térmico. Observa-se também um grande espaço em branco antes da linha de montagem, correspondente a um estoque intermediário a espera do

processo de montagem do produto. Outro ponto que merece destaque é o grande estoque de peças brutas antes da célula de usinagem da carcaça. Tal estoque se traduz em vários dias, contribuindo substancialmente para que o MCT do produto seja aproximadamente duas semanas e meia (17,74 dias).

Por fim, a leitura do MCT original possibilita o destaque de três questões principais: longos tempos de espera e estoque nas etapas anteriores e precedentes a tratamento térmico; grande estoque intermediário antes da linha de montagem; paradas de linha mesmo com estoques antes das linhas de montagem; dias de estoque de peças brutas nas células.

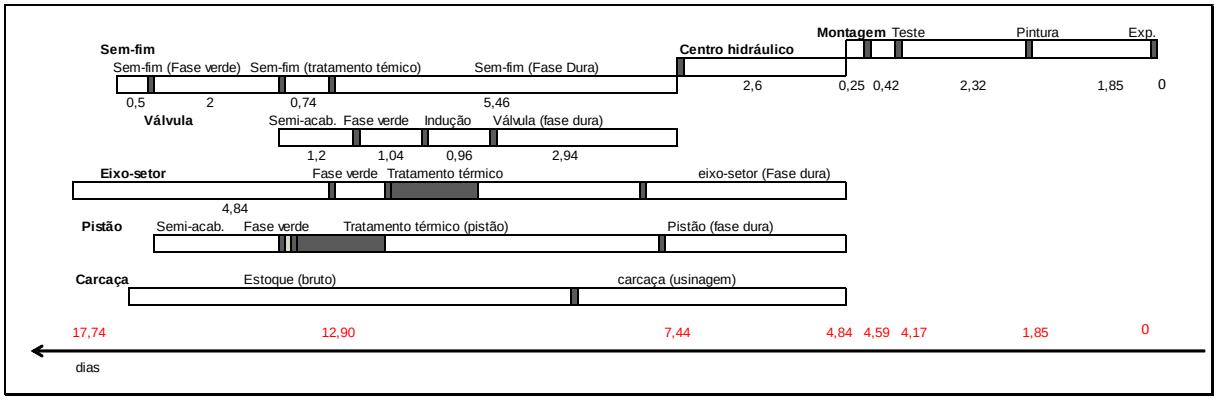

Figura 2 - MCT original

Visando responder essas questões, as informações obtidas foram analisadas e juntamente com a observação do cenário estudado, listam-se a seguir as principais causas dos longos *lead times* do processo de produção de direções hidráulicas:

1. Falta de coordenação entre as células de usinagem e as linhas de montagem;

2. Falta de coordenação entre as células de usinagem;

3. Falta de rastreabilidade das peças que estão em processamento, o que gera um dispêndio de tempo diário para a contagem de peças nas células de usinagem;

4. Políticas baseadas em custos e não em tempo;

Das causas citadas acima, é importante ressaltar que a última causa se refere a dois fatores: políticas de compras, que incentivam grandes lotes, o que colabora para que haja grandes estoques de materiais brutos na célula de usinagem da carcaça, por exemplo; e a forma de contratação do processo de tratamento térmico, que ao está voltada para a obtenção de um tempo de atravessamento mais curto. Porém, o escopo do presente trabalho não abrangerá a investigação e estudo das políticas de compra da empresa.

Outra ressalva importante é o fato de que a empresa já possui um projeto para a implantação de mecanismos que permitam a rastreabilidade das peças em processo. A causa 3 citada acima, contribui para o aumento do *lead time* pois, os funcionários das células despendem um tempo considerável para a contagem de peças. A falta de rastreabilidade também impacta na qualidade da programação feita, pois os programadores não têm no sistema ERP a informação atualizada de peças que estão no meio de seu processo produtivo. As peças processadas só são abatidas do estoque quando há o apontamento do produto final na expedição. Durante todo o processo produtivo (após a entrada o material bruto e a expedição da direção hidráulica) não há, no sistema, informações sobre quais etapas do processamento da peça já foram realizadas

e em qual estoque a peça se encontra fisicamente. Tal fato implica em grandes dificuldades no planejamento da produção e, em última análise, contribui também para a falta de coordenação entre as células de usinagem e linha de montagem. Dessa forma, como a empresa já possui uma solução para esse problema, não iremos abordá-lo nas propostas de melhoria.

4.3 *Benchmarking* Interno

Com o intuito de avaliar o desempenho do processo produtivo, aplicou-se o *Benchmarking* Interno em uma das células de fabricação da empresa.O foco de aplicação dessa abordagem foi uma célula de usinagem de um componente na fase verde, ou seja, uma célula de usinagem da matéria-prima bruta, antes de sofrer tratamento térmico. A partir do mapeamento dos processos da empresa foi possível constatar que as diferentes células de fabricação apresentavam tempos de processamento muito semelhantes. Supõe-se, então, que os resultados obtidos para a célula selecionada, a princípio, possam ser estendidos para as demais células de fabricação.

Basicamente, para a aplicação da metodologia citada, foram medidos o estoque em processo existente na célula (w) e sua taxa de saída (TH). O tempo de fluxo das ordens (LT) foi calculado por meio da Lei de Little, uma vez que sua medição direta exigiria um tempo muito longo de observação. O tempo de fluxo sem filas (L0), correspondente à soma dos tempos de processamento das operações na célula, foi obtido por meio de registros da empresa. Dentre estes registros, dispunha-se também da taxa de produção do gargalo (rb). Essa taxa também foi medida diretamente, e o valor obtido foi menor do que a taxa registrada. Dessa forma, optou-se por utilizar o valor medido nos cálculos. A partir dos dados coletados, foram obtidas as curvas limitantes do desempenho do sistema. Mais detalhes sobre o método podem ser encontrados em Hopp e Spearman (2001).

O gráfico de *Benchmarking* Interno para análise dos tempos de fluxo em função do WIP é apresentado na Figura 3. O marcador em vermelho representa o ponto de operação real da célula. Observando-se o gráfico, nota-se que a célula está operando na região ruim, entre as curvas de “Desempenho no Pior Caso Prático” e “Desempenho no Pior Caso”. Este resultado é, de fato, muito previsível, uma vez que os tempos de processamento são bem pequenos, da ordem de segundos, mas o estoque a ser processado é muito elevado. Assim, os longos *lead times* devem-se à longa espera das ordens para serem processadas, especialmente no início da célula.

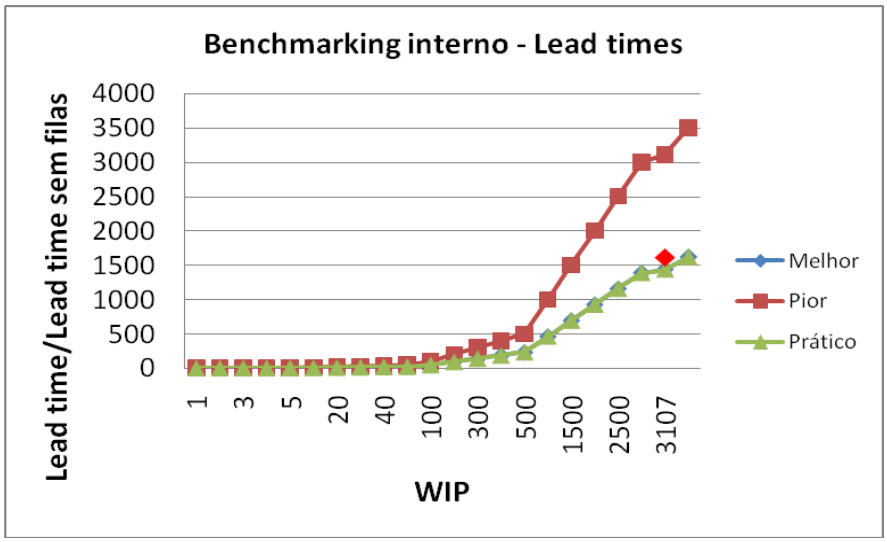

Figura 3 - Gráficos de tempo de fluxo (*lead times*)

Ao se analisar os gráficos de *Benchmarking* da taxa de saída em função do WIP, verifica-se que a célula também está operando na região ruim, e com taxa de saída de 89% em relação à taxa de produção do gargalo. Além disso, a análise dos gráficos da Figura 4 permite que se trace uma conclusão interessante: quando o estoque em processo aumenta, tendendo a infinito, as taxas de saída relativas ao melhor caso e ao pior caso prático se igualam ou tendem a se igualar à taxa de produção do gargalo.

Assim, esta modelagem matemática suporta uma mentalidade gerencial bastante difundida, segundo a qual se busca criar um grande "pulmão" de estoque em processo antes do gargalo para garantir que este fique sempre abastecido, de forma que a taxa de saída global da célula ou da linha seja equivalente à taxa de produção do gargalo. Entretanto, os gráficos de *Benchmarking* Interno mostram que o sucesso dessa prática é limitado, uma vez que, mesmo com estoques em processo muito altos, não se conseguiu obter a máxima taxa de saída possível para a célula. A contra-partida nociva dessa política voltada à eficiência é que os tempos de fluxo aumentam excessivamente, tendendo ao infinito. Em alguns ambientes, altos tempos de fluxo, e, consequentemente, alto tempo de resposta, prejudicam muito a competitividade de uma empresa.

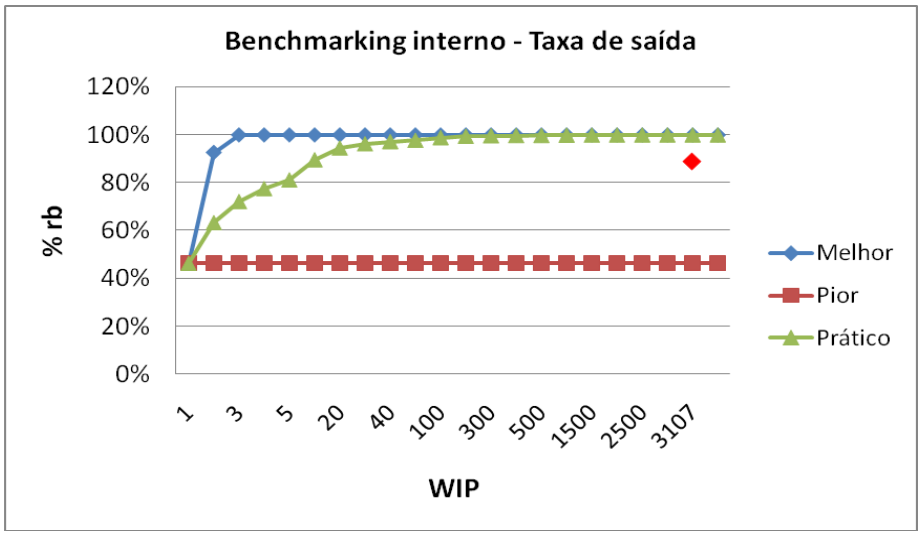

Figura 4 - Gráficos de taxa de saída

Em linhas gerais concluiu-se, como era esperado, que o desempenho da célula não é satisfatório devido, principalmente, aos longos tempos de fluxo e altos estoques em processo. Por outro lado, os pequenos tempos de processamento das células de fabricação e a existência de estoques significativos antes da linha de montagem final indicam que o problema das paradas das linhas deve-se mais à falha do sistema de coordenação da chegada dos componentes do que a um problema de capacidade de fabricação propriamente dito.

5. Estudo de Caso: Propostas de melhoria

Nessa seção, apresentam-se algumas propostas para as questões apresentadas na seção 4.2. Das causas encontradas, abordaremos as seguintes:

- Falta de coordenação entre as células de usinagem e as linhas de montagem;
- Falta de coordenação entre as células de usinagem;
- Políticas baseadas em custos e não em tempo (com foco na política de contratação do processo de tratamento térmico).

5.1 LB POLCA

Para solucionar o problema de coordenação entre as células de usinagem e as linhas de montagem e do alto estoque nas células anteriores à montagem, propõe-se a utilização do sistema de coordenação *Load Basic* POLCA. O POLCA, proposto por Suri (1998), nesse caso não seria suficiente, pois não atenderia a duas questões importantes: i) a determinação da sequência das ordens em cada célula; ii) a falta de comunicação entre as células do centro hidráulico, do eixo-setor, do pistão e da carcaça, que são paralelas. Deste modo, uma célula não tem informações do que está sendo produzido nas demais células.

Observa-se também que o MRP utilizado pelo POLCA, para o Planejamento Agregado, pode não planejar a capacidade adequadamente por utilizar l*ead times* fixos, o que acaba ignorando a dinâmica de disponibilidade dos recursos limitados. Como resultado, a programação gerada pode ser desatualizada e de baixa confiabilidade, requerendo constante re-planejamento.

Deste modo, a fim de solucionar tais problemas, uma modificação do POLCA foi encontrado na literatura, denominado *Load Based* POLCA (LB POLCA), que apresenta uma representação mais robusta da disponibilidade de capacidade dos recursos em situações nas quais os tempos de processamento das ordens varia significantemente e mudanças no *mix* de produtos mudam frequentemente. O LB POLCA é composto de dois módulos: o POLCA e o ARP (*Advanced Resources Planning*), que não só fornece valores mais realísticos como *input* para o POLCA, como também o tamanho de lote ótimo.

O módulo ARP inicialmente obtém o tamanho de lote ótimo através de uma modelagem e calcula em função dele as medidas de desempenho, tais como *lead time*, utilização das máquinas e tempo de entrega. Em seguida, os dados obtidos são repassados para o POLCA, ou seja, o *output* do ARP será o *input* do POLCA. Mais informações sobre a modelagem realizada pelo módulo ARP pode ser obtidas em Vandaele et al. (2008).

O módulo POLCA calcula a carga de trabalho permitida para cada célula e os tempos em que cada ordem deve ser processada em cada célula, chamado de tempo de autorização. Basicamente, o tempo de autorização é calculado subtraindo do tempo mais cedo de entrega da ordem, o *lead time* de produção e um tempo de segurança.

No LB POLCA as ordens são lançadas até que a carga de trabalho total das ordens não exceda a carga de trabalho permitida pelas células. As ordens lançadas são priorizadas conforme a data de entrega e em um centro de trabalho, quando é possível iniciar mais de uma ordem da fila, deve-se seguir a lista de autorização ou alguma outra regra que seja pertinente.

Deste modo, acredita-se que a aplicação do LB POLCA entre as células de usinagem (centro hidráulico, pistão, eixo-setor e carcaça) e a de montagem, seguindo-se a sequência determinada por este sistema de coordenação de ordens, juntamente com reuniões periódicas com os responsáveis pela programação da produção para alinhar a estratégia de produção solucionarão os problemas de alto estoque nas células de usinagem e de falta de coordenação.

5.2 *Time Slicing*

Um dos maiores tempos de processamento encontrados no processo de produção da direção hidráulica foi o tratamento térmico. No entanto, além do longo e necessário tempo de processamento (são necessárias 35h de forno, para o pistão e eixo-setor) observa-se também a presença de filas gerando um tempo de atravessamento de 3 dias para o processo, o que representa duas vezes mais o tempo de processo propriamente dito (*touch time*).
Alguns fatores contribuem para o elevado *lead time* dessa etapa. A forma de contrato faz com que os componentes que sofrem tratamento térmico terceirizado (pistão e eixo-setor) enfrentem longas filas, pois há um compartilhamento do forno com produtos de outras empresas. Assim, a distribuição dos materiais ao longo de vários fornos implica em um

aumento do tempo de espera e também não garante o processamento necessário de eixos e pistões.

Assim, de acordo com os princípios do QRM propostos por Suri (1998), é proposta uma forma de *time-slicing*: reservar janelas de tempo ao longo das semanas e um forno exclusivo para atendimento das peças da Empresa. Para tal proposta, se faz necessária uma renegociação da forma de contrato com a empresa contratante, que possivelmente não incorrerá em custos, pois tal proposta pode ser interessante para a empresa contratada, pois incorre em menos riscos financeiros do que a forma de contrato atual.

De acordo com os dados fornecidos pela empresa de demanda média, capacidade do forno, tempos de *set-up* e cadência necessária do forno, é factível a divisão de um forno, com capacidade diária de 1500 peças. Dessa forma, a proposta é que de terça a domingo o forno seja dedicado a produção dos componentes pistão e eixo-setor da família estudada. Às segundas-feiras, a proposta é que o forno reservado para a Empresa processe peças de outras famílias de direções e divida a carga do forno, processando peças de outro cliente. Nesses dias pode-se propor que haja uma intercalação entre as cargas das empresas envolvidas.

É importante ressaltar que a proposta de *time-slicing* e reserva de um forno para a empresa estudada difere da forma atual de contrato, pois atualmente suas peças não possuem um forno exclusivo para o processamento. O fato de um forno dedicado contribuirá para um melhor planejamento da produção, assim como uma redução dos tempos de espera antes e depois do processamento, reduzindo o tempo de atravessamento de 3 dias para 1,5 dias.

5.3 Resultados esperados

5.3.1 Novo MCT

Uma vez definidas as propostas detalhadas de aplicação das ferramentas do QRM, é importante que se busque vislumbrar os impactos resultantes dessa aplicação. Sendo o *lead time* o foco absoluto da metodologia QRM, os impactos devem ser avaliados especialmente em função da redução deste. Assim, elaborou-se um novo MCT para os produtos das famílias estudadas, incluindo-se estimativas das reduções localizadas de *lead time* que seriam obtidas com a aplicação da metodologia. O novo MCT é apresentado na Figura 5.

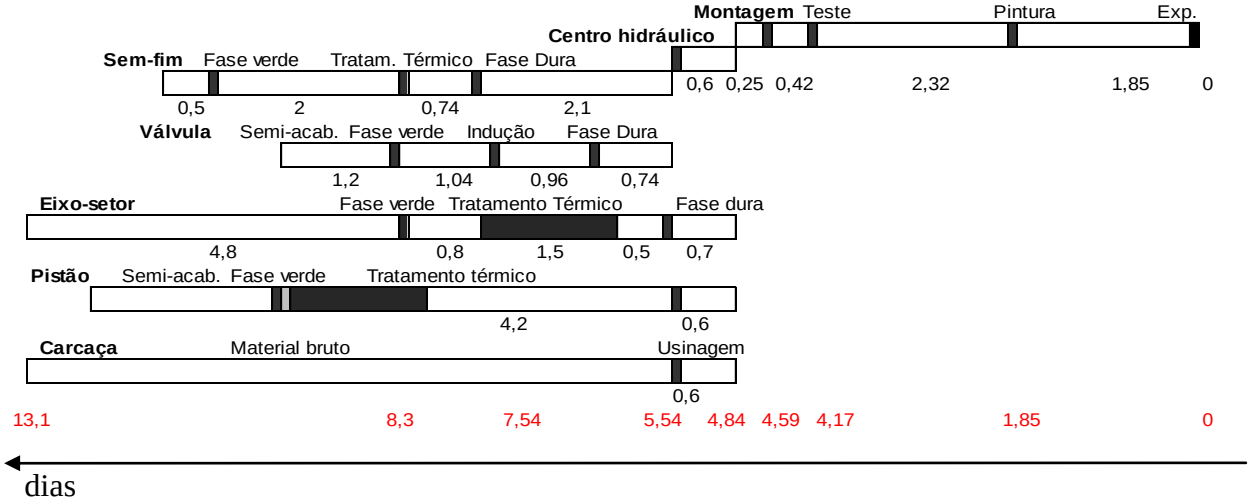

Figura 5 - Novo MCT

Para o cálculo deste MCT futuro, supõe-se que, com a implantação do novo sistema de coordenação de ordens, seja possível manter apenas 0,5 dias, aproximadamente, de estoque de componentes antes das operações de montagem. Essa projeção pode até ser encarada como

um pouco conservadora. Porém, como na situação atual a empresa apresenta dificuldades na coordenação da chegada dos componentes e na programação da produção, buscou-se estabelecer uma meta que pudesse ser alcançada já num primeiro momento.

Com a melhor programação do centro de serviço que realiza o tratamento térmico, estima-se que o *lead time* desta operação possa ser reduzido de 3 dias para 1,5 dias, ou seja, aproximadamente o tempo que os componentes ficam de fato no forno. Os tempos devido à espera dos componentes para iniciarem o processamento foram eliminados. Finalmente, supõe-se também que a melhor programação deste centro de serviço auxiliará na redução dos estoques de componentes acumulados após o tratamento térmico. A redução de tais estoques é um aspecto crítico especialmente para o eixo-setor, já que este componente está no caminho crítico da manufatura. Com todas as reduções citadas, o valor do MCT passou de 17,7 dias para 13,1 dias, ou seja, obteve-se uma redução de 26%.

5.3.2 Ganhos e Investimentos

Os ganhos do projeto foram mensurados principalmente em função da redução de estoque em processo resultante da aplicação das propostas mencionadas. Foram obtidos junto à empresa dados de custo unitário dos componentes acabados ou em processo. Tais dados foram fornecidos na forma de porcentagem do custo total do produto final. O valor financeiro dos estoques foi então estimado por meio da multiplicação simples entre sua quantidade e seu custo unitário percentual. Assim, observou-se que um estoque de quase 14.000 unidades de componentes representa, em valor, 1040 vezes o custo de uma direção hidráulica.
Para a mensuração dos ganhos resultantes dessa redução de estoques, calculou-se o custo de oportunidade do capital, ou seja, o quanto aquele capital que está imobilizado na forma de estoques pode render. Assim, considerando-se uma taxa de juros de 10% ao ano, conclui-se que a redução total dos estoques de componentes fabricados, proporcionada pela abordagem QRM, irá render, por ano, um valor de 104 vezes o custo de um produto final. A este valor devem ser somados também os ganhos associados à redução do transporte e manuseio de materiais. A liberação de áreas de armazenagem também é uma conseqüência positiva da redução de estoques.

O mesmo raciocínio se aplica aos ganhos relativos à proposta de *time-slicing* referem-se aos valores que a empresa gastaria com as multas contratuais do tratamento térmico terceirizado. Observa-se que a redução de custos com a multa em questão irá render, por ano, um valor de 65,2 vezes o custo de um produto final. De uma forma geral, todas as melhorias propostas no presente trabalho permitem um potencial ganho de aproximadamente 170 vezes o custo de um produto final, considerando as propostas aqui apresentadas, a uma taxa de juros de 10% ao ano.

Além desses ganhos contabilizados financeiramente, há outros menos tangíveis que também devem ser considerados. Algumas das vantagens principais, que são conseqüência direta da diminuição dos *lead times*, consistem na maior flexibilidade da empresa para atender a variações no *mix* e volume da demanda, e na melhoria de sua capacidade de cumprir prazos de entrega. Este último ponto, inclusive, foi uma necessidade percebida e enfatizada pela própria empresa. A garantia de entregas confiáveis, ou seja, a manutenção de um bom nível de serviço permite que, em médio prazo, maiores fatias de mercado sejam obtidas.

Os investimentos necessários para a implementação das propostas aqui apresentadas são apenas os gastos com duas semanas de consultoria para treinamento dos funcionários sobre o LB POLCA, algo em torno de R$ 9.600,00.

A partir das análises apresentadas, pode-se constatar que os ganhos com a implantação das propostas apresentadas suplantam facilmente os investimentos necessários. Um estudo mais

detalhado se faz necessário para avaliar a viabilidade da utilização de um *software* ARP (*Advanced Resources Planning)* na empresa e também seus custos de implementação, caso a empresa não tenha em seu sistema integrado um módulo que possa realizar tal atividade.

6. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo a aplicação da abordagem QRM no processo produtivo de direções hidráulicas de uma empresa do setor automobilístico, tendo como foco a redução do *lead time* desse processo de manufatura. A aplicação de ferramentas oriundas da abordagem QRM, tais como mapeamento do MCT, análise do desempenho por meio do *Benchmarking* interno, *time-slicing* e *LB POLCA* permitiram a observação dos problemas assim como a identificação de suas causas principais.

A aplicação das propostas sugeridas permitirão uma redução de 26 % no *lead time* total do processo de fabricação de direções hidráulicas. Melhorias na coordenação de ordens através do LB POLCA podem proporcionar redução de vários fatores: nas falhas de planejamento da produção, na variação de demanda enviada ao tratamento térmico, nos estoques em processo e também nos tempos de transporte. Outros ganhos podem ser destacados: maior flexibilidade da empresa para atender a variações no *mix* e volume demandado e melhoria no nível de serviço ao cliente.

Por fim, o presente trabalho também contribui para divulgar a abordagem QRM no Brasil. Observa-se que um estudo mais aprofundado sobre o LB POLCA na resolução do problema encontrado pode servir como contribuição para o desenvolvimento do tema estudado.

Referências

BLACKBURN, J. D. *Time-Based Competition: The Next Battleground in American Manufacturing*, New York: McGraw-Hill/Irwin, 1991.

ERICKSEN, P. D.; STOFLET, N. J.; SURI, R. Manufacturing Critical-path Time (MCT): the QRM metric for lead time. Wisconsin-Madison: Center for QRM, 2007. (*Technical Report*)

HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, S. *Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HOPP, W.; M. L. SPEARMAN. Factory Physics. Boston: Irwin, 2001.

NAHMIAS, Steven. *Production and Operations Analysis*, 4th Edition. McGraw-Hill/Irwin, 2001.

SINHA, P. K. *Manufacturing and Operations Management***.** Nirali Prakashan, p. 2.11. 2008.

SLACK, N. Operations strategy. New York: Prentrice Hall, 2001.

SPEARMAN, M.L., ZAZANIS, M.A., 1992. Push and pull production systems: Issues and comparisons. *Operations Research* 40 (3), 521–532.

SURI, R. *Quick Response Manufacturing: a Companywide Approach to Reducing Lead Time.* Portland: Productivity Press, 1998.

SURI, R. How to Plan and Implement POLCA: A Material Control System for High-Variety or Custom-Engineered Products. . Wisconsin-Madison: Center for QRM, 2003. (*Technical Report*)

SURI, R. *It´s About Time: The competitive advantage of Quick Response Manufacturing*. New York: Productivity Press, 2010.

VANDAELE, N.; CLAERHOUT, D. ; CREMMERY, R.; NIEUWENHUYSE, I. V. Load-Based POLCA: An Integrated Material Control System for Multiproduct, Multimachine Job Shops. *Manufacturing & Service Operations Management* 10(2), pp. 181–197, 2008.

VOLLMANN, Thomas E.; BERRY, William L.; WHYBARK, D. Clay; JACOBS, F. Robert. *Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Porto Alegre:

Bookman, 2006.