QUICK RESPONSE MANUFACTURING: APLICAÇÃO DE CONCEITOS E FERRAMENTAS PARA A REDUÇÃO DO LEAD TIME NA MANUFATURA DE BENS DE CAPITAL SOB ENCOMENDA

Jose Henrique de Andrade (UFSCar)
andrade.josehenrique@gmail.com
Fernanda Silva Chinet (UFSCar)
fernandachinet@yahoo.com.br
Marcel Heimar Ribeiro Utiyama (UFSCar)
marcelc5@yahoo.com.br
Moacir Godinho Filho (UFSCar)
moacir@dep.ufscar.br

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de aplicação dos conceitos e ferramentas do Quick Response Manufacturing (QRM) para a redução do lead time na manufatura de bens de capital sob encomenda. As mudanças observadas no cenário empresarial e intensificadas nas duas últimas décadas exigem das organizações uma revisão das práticas e sistemas de gestão de modo a se alinharem às novas demandas e melhorarem continuamente seus produtos e processos a fim de manterem-se competitivas. Para consecução do objetivo proposto foi realizada uma revisão bibliográfica sobre sistemas de produção e QRM e um estudo de caso em uma empresa de grande porte localizada no interior do Estado de São Paulo, a qual desenvolve e fabrica bens de capital sob encomenda. Como principais resultados foram elaboradas sugestões de melhoria focadas em duas etapas do processo de fabricação estudado, às quais resultariam em uma redução de lead time da ordem de 40%, demonstrando o potencial do uso de uma metodologia estruturada para redução do lead time.

Palavras-chaves: Quick Response Manufacturing; Lead time; Manufatura sob encomenda; Bens de Capital

1. Introdução

Afirmar que a competição está cada vez mais acirrada, sobre o intensficado dinamismo do mercado e da reconfiguração dos objetivos de desempenho que levam a satisfação do cliente, tornou-se consenso entre diversos autores nas últimas décadas (DILWORTH, 1993; SLACK et al., 2002; SIMCHI-LEVI *et al*., 2003; HAYES *et al*., 2008). Some-se a estes aspectos a evolução tecnológica, a mudança no perfil da mão-de-obra e na regulamentação legal entre outros, obtem-se um cenário complexo, no qual as organizações encontram-se inseridas.

A fim de enfrentar estas novas exigências vigentes, que emergiram no decorrer dos anos, diversos modelos, métodos, conceitos, técnicas e ferramentas de gestão foram desenvolvidos, de modo a auxiliar os gestores empresariais na configuração e gestão de seus negócios.

Conforme destaca Stalk (1988), assim como a competição, a vantagem competitiva é um alvo de mudança constante. Para qualquer empresa em qualquer ramo de negócios, a chave é não ficar preso a idéia de uma fonte única de vantagem competitiva e deste modo, as empresas mais bem sucedidas são aquelas que sabem como continuar evoluindo, mantendo-se sempre à frente. Esse autor reforça a idéia de que a dimensão tempo está na vanguarda e nesta medida, a forma como as companhias gerenciam o tempo representa a fonte mais poderosa de vantagem competitiva.

Alinhado a esta perspectiva, Suri (1998) propõe o *Quick Response Manufacturing* (QRM), que consiste em um método estruturado com o objetivo de auxiliar as empresas de manufatura a promoverem significativas reduções no *lead time* de seus processos e obterem vantagem competitiva baseada no tempo.

Em vista destes aspectos, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de aplicação dos conceitos e ferramentas do QRM para a redução do *lead time* na manufatura de bens de capital sob encomenda. Com a consecução do objetivo proposto espera-se responder a seguinte questão de pesquisa: Como e em quais aspectos o QRM pode auxiliar na redução do *lead time* na empresa estudada?

Conforme destacam Nassif (2007) e Avellar (2008), a indústria de bens de capital apresenta grande relevância na contextualização da competitividade industrial nacional e mundial devido ao forte relacionamento com a produção de outros setores, na medida em que cria capacidade produtiva e induz o progresso técnico a partir do fornecimento de máquinas e equipamentos fundamentais. Isto, por sua vez, justifica o estudo e identificação de oportunidades de melhoria na gestão dessas empresas.

O artigo encontra-se dividido em seis seções, considerando esta seção introdutória. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico. Na seção 3 o método de pesquisa empregado e a empresa objeto de estudo são apresentados. A seção 4 apresenta os dados coletados e a análise dos problemas identificados. A seção 5 é reservada para apresentação das sugestões de melhoria e dos resultados esperados, seguida da seção 6, na qual são apresentadas algumas considerações finais. Ao final são apresentadas as referências bilbiográficas.

2. Referencial teórico

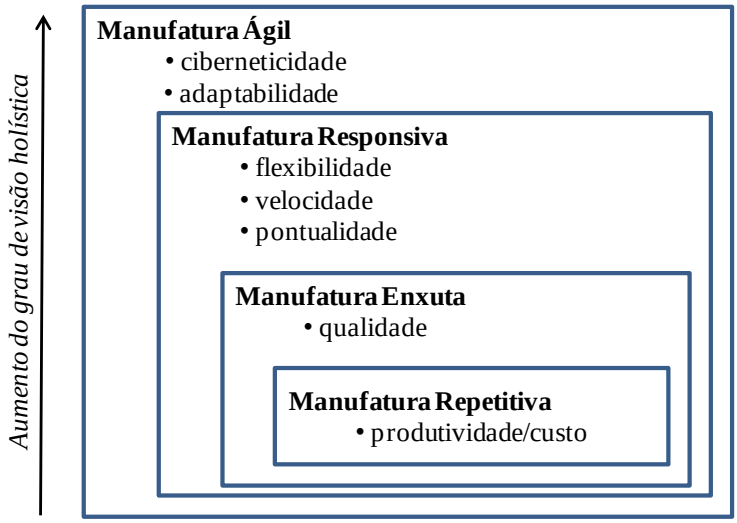
2.1 Sistemas de produção e a evolução dos paradigmas de gestão da manufatura

Um sistema de produção pode ser definido como tudo aquilo que transforma *input* em *output* com valor inerente (SIPPER e BULFIN, 1997). Fernandes e Godinho Filho (2010) explicam que sistema de produção é um conjunto de elementos inter-relacionados projetados de maneira a gerar produtos finais com um valor que supera o total dos custos necessários para

obtê-los. Hayes *et al*. (2008) destacam que há um crescente reconhecimento de que a função de produção pode ser uma arma competitiva se projetada e gerenciada apropriadamente.

A maioria das pessoas empregada pela maior parte das organizações está engajada na função de produção, local no qual se concentram muitos dos ativos físicos da empresa. Na produção incluem-se todas as atividades necessárias para criar e entregar um produto ou serviço, desde a obtenção de materiais, passando pela conversão/transformação até a distribuição (HAYES *et al*., 2008). Segundo Dilworth (1993), a função produção, em conjunto com *marketing* e finanças, são funções primárias do negócio, das quais depende a obtenção de todo o potencial da organização.

De acordo com Slack *et al.* (2002) há cinco objetivos de desempenho da produção: qualidade, rapidez (velocidade), flexibilidade, confiabilidade de entrega e custo. Observa-se que ao longo dos anos, houve uma evolução dos objetivos de desempenho da produção e cada sistema de produção focou em um ou mais objetivo de desempenho, de acordo com as características dos mercados onde atuam em função do perfil dos clientes, dos concorrentes entre outros aspectos. A figura 1 mostra alguns paradigmas de gestão da manufatura e seus respectivos objetivos de desempenho, salientando-se o fato de que os novos objetivos são colocados em pauta sem perder de vista os objetivos anteriores.



Fonte: Fernandes e MacCarthy (1999)
Figura 1: Paradigmas de gestão da manufatura e objetivos estratégicos da produção.

A sociedade moderna é composta por cosumidores que buscam novos produtos, melhores em qualidade, customizados e que sejam produzidos rapidamente. Nesse sentido, a manufatura deve responder rapidamente a tais necessidades e todos os elos da cadeia de suprimentos sofrem pressão pela necessidade de redução do *lead time* (SEVERINO *et al*., 2010).

A partir dos anos 80 os gerentes de produção enfrentaram um excesso de conselhos de especialistas, cada um deles defendendo caminhos diferentes para melhorar a competitividade. Exemplos clássicos, mas não únicos destes caminhos, são representados pelo sistema americano de produção em massa e o sistema japonês de produção enxuta, surgindo ainda uma terceira abordagem: a teoria contingente de estratégia de produção – ajuste e foco. Esta última abordagem destaca formas distintas para a diferenciação competitiva, as quais podem estar fundamentadas em: menor preço; maior qualidade, maior confiabilidade; maior velocidade/menor tempo de resposta. Salientado-se que cada uma destas formas de se buscar

vantagem competitiva requer recursos e ações distintas e que no geral, dentro de uma determinada indústria, cada empresa normalmente seleciona uma ou duas dessas dimensões competitivas para se focar (HAYES *et al*., 2008).

Para Bhuiyan e Baghel (2005), a melhoria contínua deve envolver todos, os quais devem trabalhar juntos no sentido de promover as melhorias sem a necessidade de grandes investimentos de capital. Neste sentido a melhoria deve ser realizada por meio do uso de inúmeras ferramentas e técnicas dedicadas à busca de fontes de problema, desperdício e variação e consequente busca de meios de minimizá-los.

Do exposto acima, a necessidade de responder rapidamente às demandas dos consumidores é evidente. Para isso, os objetivos estratégicos da produção relacionados à responsividade e agilidade devem ser atingidos, ou seja, as empresas precisam adotar posturas voltadas ao tempo, mais especificamente, a redução do *lead time*. Para esse propósito, uma alternativa de método estruturado que pode ser adotado é o QRM, o qual será apresentado na seção 2.2.

2.2 *Quick Response Manufacturing*: fundamentos e ferramentas

O QRM teve suas raízes no *Time Based Competition* (TBC – competição baseada no tempo), o qual buscava aumentar a velocidade para ganhar vantagem competitiva. O TBC surgiu como o novo paradigma de competitividade nos anos de 1990 devido à constante evolução das estratégias competitivas das empresas japonesas. A primeira proposta sobre TBC na literatura é atribuída a Stalk e Hout (1990), no qual citam que o TBC é mais que atender datas devidas; é gerenciar o tempo como um recurso produtivo único e limitado, identificando e reduzindo atividades de longa duração.

Outros autores como Kritchanchai e MacCarthy (1998) e Fernandes e MacCarthy (1999), denominam esta estratégia de Manufatura Responsiva. Estes autores entendem que a Manufatura Responsiva tem como principal objetivo ganhador de pedidos não somente o tempo, mas a responsividade, pois procura atender os objetivos ligados ao tempo (rapidez e pontualidade) e a variedade (alta variedade de coisas distintas).

Embora o TBC tenha sido de grande importância para as empresas na definição de suas estratégias competitivas, a maior parte dos trabalhos referentes ao tema era apenas sobre os benefícios de se reduzir o tempo de resposta e a proposta de algumas ferramentas que seriam benéficas em prol deste objetivo. Foi então que Suri (1998) apresentou um conjunto de idéias que formam uma aplicação específica para TBC em manufatura, dando origem ao QRM.

De acordo com o autor, o QRM tem como foco a redução do *lead time* em ambientes de alta variedade de produtos. Externamente, procura responder aos pedidos ou encomendas dos clientes, concebendo e produzindo produtos personalizados. Internamente, procura reduzir os *lead times* de todas as atividades, melhorando a qualidade e reduzindo os custos e o tempo de resposta ao cliente. O QRM acelera as atividades internas de manufatura para construir vantagem competitiva.

Empresas que usavam o TBC entregavam seus produtos ou serviços mais rápido que seus concorrentes. O TBC se prestava a qualquer tipo de empresas, enquanto o QRM se especializa em manufaturas (SURI, 1998).

Os principais refinamentos feitos no TBC pelo QRM são (SURI, 1998, p.5):

- Focar somente em manufatura;
- Usar os princípios da dinâmica de sistemas para obter percepções de como melhor reorganizar uma empresa para obter resposta rápida;
- Esclarecer gerentes sobre mal entendidos na aplicação de estratégias baseadas no tempo;

- Providenciar princípios específicos para QRM de modo a se repensar o processo de manufatura e decisões sobre equipamentos;
- Desenvolver uma nova abordagem de planejamento e controle;
- Desenvolver novas medidas de desempenho;
- Entender o que leva ao sucesso da implementação do QRM.

Suri (1998) apresenta dez princípios, os quais têm o intuito de prover um melhor entendimento sobre o QRM. Estes princípios são elencados a seguir:

a) Achar novos caminhos para executar uma operação, com foco na diminuição de *lead time*;
b) Planejar para operar com 70-80% da capacidade dos recursos críticos;
c) Medir a redução de *lead time* e fazer desta a principal medida de desempenho;
d) Expor as medições e premiar redução de *lead time*;
e) Usar o MRP para planejar e coordenar os materiais, re-estruturar a organização da manufatura para células simples orientadas para produtos;
f) Incentivar fornecedores a implementar o QRM, resultando em pequenos lotes a baixo custo, qualidade superior e *lead time* curto;
g) Educar consumidores sobre QRM, negociando pequenos lotes a preços razoáveis;
h) Criar células, compostas por pessoal com treinamento cruzado para uma família de produtos e com poder de decisão para suas necessidades;
i) Entender que o QRM leva a um futuro seguro para a empresa;
j) Combater a mentalidade da estratégia de baixo custo.

Segundo Suri (1998) para o sucesso da implementação do QRM deve haver um entendimento de toda a empresa sobre as suas bases, trabalhadores e gerentes devem entender o básico da dinâmica de sistemas e sistemas de manufatura. Neste sentido, as políticas do QRM devem ser incorporadas em todas as áreas, tanto no chão-de-fábrica, quanto nas atividades de escritório, de modo a promover a consecução do objetivo de redução do *lead time* (SURI, 1998).

Outro conceito importante no QRM é o *Focused Target Market Segment* (FTMS), ou seja, um segmento de mercado específico que representa uma oportunidade de benefícios para a empresa por meio da redução de *lead time* (SURI, 2010). A busca de um FTMS começa a partir de *brainstorms* de um grupo multi-funcional e é refinado por meio de um processo iterativo (SURI, 1998). Nessa busca deve-se identificar uma oportunidade de mercado ou uma necessidade de negócio e buscar por uma situação que se beneficie com a redução de *lead time*, conhecida como *Target Market Segment* (SURI, 1998).

Algumas características dos produtos podem ser utilizadas para criar o segmento a ser focado, tais como: consumidor ou mercado; características físicas; roteiros de produção; cadeia de abastecimento e questões sobre terceirização; tipos de tarefas; produtos de necessidade estratégica (SURI, 1998).

O projeto QRM deve iniciar-se pelo FTMS, pois é nele que existe a maior probabilidade de obter resultados expressivos (provocar um '*splash*'), facilitando a implementação em larga escala na empresa, e posteriormente expandir a implementação. Todos os passos de implementação devem ser bem definidos no começo do projeto e os obstáculos para a implementação devem ser antecipados tanto quanto possível (SURI, 1998).

No que se refere à reorganização da produção, o QRM apresenta sete princípios chave para se reestruturar uma empresa (SURI, 1998):

a) Mudar a organização de tarefas, equipamentos e processos da base funcional para a base orientada a produto;
b) Mudar a estrutura da empresa de hierárquica, com muitos níveis, para plana/achatada, com muitas equipes;
c) Treinar os recursos humanos de maneira ampla em um número maior de operações, aos invés de operações específicas;
d) Mudar a gerência de departamental para equipe de produto, de modo que seja dona de um processo todo, responsável pela entrega de um produto ou serviço;
e) Revisar sistemas complexos e centralizados de programação e controle para procedimentos simples e locais, tendo em vista a adoção dos princípios anteriores;
f) Mudar a forma de transferir materiais entre as operações, obtendo lotes de transferências menores, reduzindo o *work-in-process* (WIP);
g) Diminuir os lotes de produção e aumentar qualidade.

Em função do seu objetivo central, o QRM necessita de uma forma diferenciada de medir o *lead time*, que seja mais apropriada a abordagem voltada para sua redução e também útil na medição de desempenho de processos. Para tanto, utiliza uma ferramenta de medição chamada *Manufacturing Critical-path Time* (MCT). Esta é uma ferramenta relacionada ao *Value Stream Map* (VSM) e visa complementar a definição do QRM (SURI, 2010). O MCT apresenta a forma de se medir o *lead time* no QRM, ele mostra o tempo em dias corridos contado a partir da hora em que o pedido é gerado até a hora em que a primeira peça do pedido seja entregue ao cliente, considerando os caminhos críticos (maiores tempos em cada fase). Esta definição está em contraposição às tradicionais definições de *lead time*, as quais deixam muitos pontos a descoberto e sujeitos a má interpretação (ERICKSEN *et al*., 2007; SURI, 2010).

Ao contrário de outras definições que buscam o menor custo, o QRM, por meio do MCT, busca nos piores *lead times* oportunidades de fazer melhorias e aplicar ações criativas (SURI, 1998).

Para uma bem sucedida implementação do QRM são indicados quinze passos que devem ser executados sequencialmente (SURI, 1998):

Passo 1: Obtenha o comprometimento da alta gerência;
Passo 2: Crie um Comitê de direcionamento e nomeie um líder;
Passo 3: Escolha uma família de produtos e defina um conjunto de objetivos grosseiramente;
Passo 4: Reúna um time de planejamento;
Passo 5: Invista na construção do time;
Passo 6: Colha medidas grosseiras do desempenho atual do sistema;
Passo 7: Refine o escopo e defina objetivos mais precisos;
Passo 8: Conduza uma detalhada aquisição e análise de dados;
Passo 9: Explore soluções de *brainstorm*, entre elas a definição do FTMS;
Passo 10: Apresente as recomendações;
Passo 11: Crie o time de implementação;
Passo 12: Construa e treine o time de implementação;
Passo 13: Implemente as recomendações;
Passo 14: Revise o progresso, apresente os resultados e reconheça os envolvidos;
Passo 15: Repita o processo para novos projetos de QRM.

3. Método de pesquisa e empresa objeto de estudo

Em vista dos procedimentos metodológicos utilizados, o presente trabalho pode ser

classificado como um estudo de caso. Segundo Yin (2001, p.32), o estudo de caso "é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos", e no qual múltiplas fontes de evidência são usadas. Este tipo de procedimento envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

A empresa na qual a etapa empírica deste trabalho foi realizada atua no fornecimento de bens de capital e sistemas industriais completos, assim como peças de reposição para diversos setores industriais. Por questões de confidencialidade dos dados e informações da empresa seu nome não será revelado.

A empresa está no mercado desde 1920 e tem sua matriz localizada no interior do Estado de São Paulo, filiais também no interior de São Paulo e na região Nordeste do Brasil. A empresa passou por uma reestruturação recente e encontra-se segmentada em duas divisões de negócio, atendendo a segmentos industriais e produtos distintos: agroindústria, siderúrgia, mineração, alimentícia, química, petroquímica, geração de energia entre outros.

Possui um parque fabril composto por seis plantas industriais e nove fábricas, além de escritórios administrativos e comerciais distribuídos pelo Brasil. Emprega um total aproximado de 5.000 funcionários, diretos e indiretos, contando, também, com cerca de 1.000 terceiros na sua equipe de colaboradores, além de uma ampla cadeia de fornecedores e sub-fornecedores.

O trabalho será desenvolvido em uma de suas unidades localizada no interior do estado de São Paulo. Esta unidade conta com uma área total de 300.000 m^2 dos quais 68.000 m^2 são de área construída, conta com uma equipe de 1.337 funcionários diretos e indiretos e no que se refere à manufatura, realiza, predominantemente, processos de caldeiraria (corte, dobra, solda e conformação de tubos e chapas) e usinagem pesada.

4. Coleta de dados e análise de problemas

Para a coleta de dados e a análise de problemas deste trabalho foram realizadas duas visitas à empresa objeto de estudo e levantamento de dados complementares, tendo em vista que um dos autores faz parte do quadro de funcionários da empresa. Nas visitas, a equipe de trabalho levantou dados e informações sobre processos e produtos da empresa a partir de entrevistas com membros da sua equipe de colaboradores, dentre os quais podem ser destacados: gerente geral da unidade fabril, supervisor de fábrica, coordenador de PCP e um encarregado de produção. Além disto, foram realizadas, também, visitas às instalações fabris, nas quais foi possível analisar as etapas envolvidas no processo de produção, assim como a organização física da fábrica e dos trabalhadores.

Com base nas informações levantadas, a equipe de trabalho definiu como *Target Market Segment* o segmento de óleo, gás e petroquímica, responsável pela fabricação de equipamentos como vasos de pressão, torres, colunas, reatores, caldeiras, fornos, trocadores de calor e tanques em geral, também conhecidos na empresa como Equipamentos Pesados.

Desde o ano de 2008 este segmento tem demonstrado um grande aumento na demanda devido à expansão e construção de refinarias de petróleo no Brasil, cujo principal cliente é a Petrobrás. Além disso, estima-se que as vendas neste segmento continuarão em alta durante os próximos cinco anos, principalmente em virtude das obras relacionadas ao Pré-sal.

Com o segmento definido, foi possível refinar e focar em um produto ou processo de fabricação para se chegar no FTMS. O FTMS identificado e utilizado neste trabalho foi a

fabricação de vasos de pressão em vista da recomendação identificada na literatura ("encontrar uma família de produtos na qual a redução do *lead time* irá fazer um *splash*"). Este é o produto de maior demanda (aproximadamente 80%) no segmento de óleo, gás e petroquímica, além de ser responsável, em média, por 65% da carga fabril de produção, em termos de horas, da unidade estudada.

De acordo com Telles (1996), vaso de pressão é um nome genérico para designar todos os recipientes pressurizados, de qualquer tipo, dimensões, formato ou finalidade. Estes equipamentos armazenam fluidos pressurizados, objetivando atender a finalidades diversas na indústria de processamento contínuo, como a indústria química, a petroquímica, de petróleo, na área nuclear, na indústria de alimentos, na geração de energia etc.

De acordo com o supervisor de fábrica da empresa, o tempo médio para a fabricação de um vaso de pressão de médio porte (com um peso aproximado de 10 toneladas) é de 90 dias.

No entanto, para se obter um *lead time* real de um vaso de pressão, foram coletados dados históricos sobre os tempos envolvidos nas atividades necessárias para fabricação do vaso de pressão e elaborado o MCT deste equipamento, resultando em um *lead time* total de 116 dias, dos quais 78 dias representam tempo de espera e 43 dias de fabricação propriamente dita, havendo certa sobreposição de atividades. O MCT é apresentado no anexo A, no qual são mostrados os itens que compõem o vaso de pressão e os respectivos processos necessários para sua fabricação.

A fim de se promover a redução do *lead time*, a metodologia QRM sugere que em primeiro lugar sejam identificadas as causas de esperas observadas no MCT. Para a identificação destas causas, utilizou-se do método 'Detetive QRM', que consiste, basicamente, de questionamentos dos motivos de uma operação estar parada, e baseado na resposta, novas perguntas são feitas até encontrar a causa raiz do problema. O método busca sistematizar o processo de busca por oportunidades de melhoria (SURI, 1998).

A primeira causa de espera significativa identificada no processo de fabricação do vaso está relacionada ao processo de fabricação dos tampos (23 dias). Neste processo, o primeiro problema encontrado está relacionado ao fato de as unidades fabris estarem distantes entre si, uma vez que o corte da chapa (matéria-prima) é realizado na unidade estudada e sua conformação é feita em outra planta da empresa, localizada cerca de 250 quilômetros de distância. A segmentação deste processo se dá em virtude de restrições tecnológicas relacionadas ao maquinário específico necessário. Além disso, foram identificadas causas de espera derivadas de problemas relacionados ao transporte, identificação e localização de matérias-primas; retrabalho na preparação de documentação (para que o tampo seja fabricado na segunda unidade fabril é necessária a geração de uma nova ordem de fabricação com respectivo roteiro) e; atraso na chegada dos materiais, causando desordem na programação da produção.

As esperas identificadas na fabricação do corpo do vaso de pressão podem ser estratificadas em função da etapa do processo. No que se refere à etapa de corte de materiais observa-se uma grande influência do *layout* funcional, tendo em vista que os diversos produtos da unidade fabril disputam pelos mesmos recursos (aspecto relacionado à análise da dinâmica de sistemas). Como o corte é uma etapa fundamental do processo e corresponde a uma etapa precedente dos processos de caldeiraria, o resultado é a alta utilização dos recursos da área de corte e consequente formação de filas.

Outro aspecto que tumultua a área de corte está relacionado a inconsistências nas datas de planejamento das ordens de fabricação, tendo em vista que o MRP é ferramenta básica de

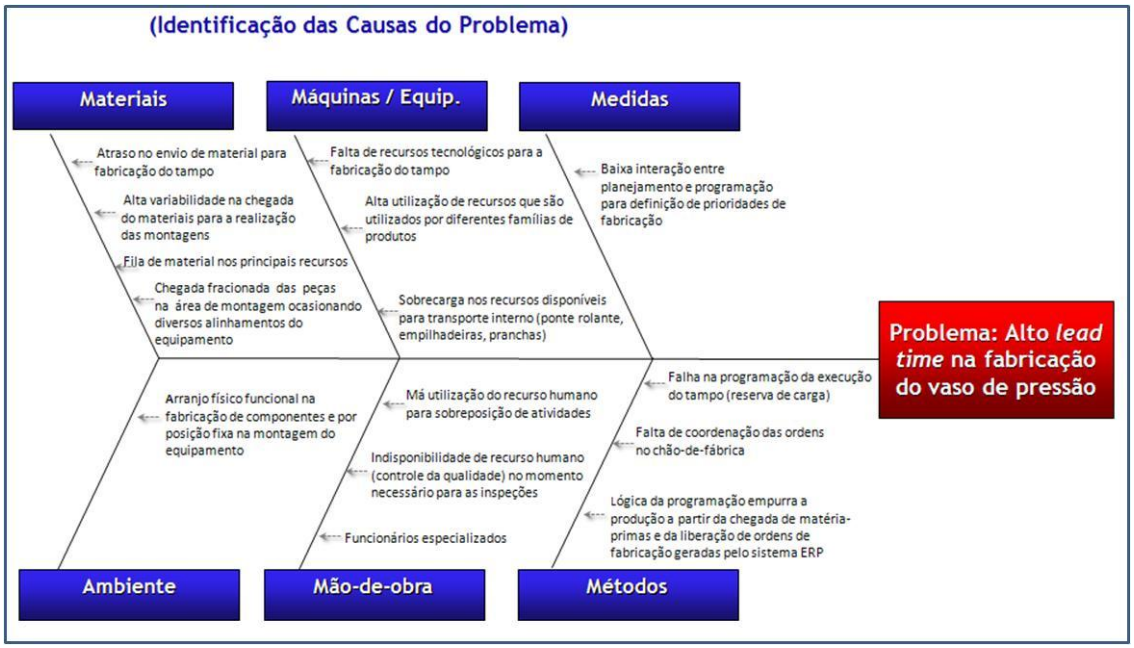
PCP utilizada na empresa e este não considera a capacidade finita dos recursos de produção. Ou seja, há um grande número de ordens de fabricação liberadas na área fabril com datas conflitantes e seu sequenciamento se dá sem a devida coordenação com as necessidades de materiais das demais áreas ou processos fabris.

Na etapa de solda circunferencial o principal motivo da espera está relacionado à alta utilização da máquina necessária no processo, a qual é compartilhada com outros produtos no processo de fabricação.

As esperas observadas no processo de fabricação dos bocais são oriundas de problemas relacionados à falta de materiais no momento de se realizar as operações, ou seja, faltam peças para completar a atividade e muitas vezes o trabalho é interrompido. Além disso, observou-se que estas atividades são realizadas de modo sequencial em relação à fabricação do corpo, principalmente pelo fato de compartilharem a mesma mão-de-obra – mesmo não havendo precedência tecnológica que exija a execução deste modo.

No processo de montagem dos bocais, boca de visita, clips e selas, os tempos de espera estão relacionados à necessidade de se realizar diversas vezes um processo chamado de alinhamento do vaso. Isto acontece devido à chegada fracionada de materiais (alta variabilidade de chegada), a qual é originada pela falta de coordenação entre as ordens no chão-de-fábrica.

A figura 2 mostra o diagrama de *Ishikawa* ou Espinha de Peixe elaborado pelo grupo de trabalho a fim de consolidar as causas de espera que ocasionam um alto *lead time* na fabricação do vaso de pressão.



Fonte: Elaboração própria

Figura 2: Diagrama de *Ishikawa* – consolidação das causas do alto *lead time* na fabricação do vaso de pressão

Em vista dos dados levantados e da análise dos problemas, foram estruturadas e priorizadas algumas segestões de melhoria, almejando a redução do *lead time* da fabricação do vaso de pressão. Estas sugestões são apresentadas na seção 5.

5. Sugestões de melhoria e resultados esperados

A partir da identificação das causas de espera, foi possível elaborar algumas sugestões de

melhoria que foram focadas em duas etapas do processo de fabricação do vaso de pressão: i) fabricação do tampo e; ii) fabricação dos bocais e boca de visita. Estas duas etapas foram priorizadas em virtude do fato de terem um potencial de gerar maior impacto no que se refere à redução do *lead time* (provocar um *splash*, conforme menciona a metodologia QRM).

Quanto às causas de espera referentes à fabricação dos tampos, algumas melhorias que podem ser implementadas são:

a) **Transporte**: antecipação das providências relacionadas à solicitação do veículo e licenças, quando necessárias – devido a excesso lateral da carga; melhoria da comunicação entre planejamento e expedição de modo que a área de expedição tenha em mãos as informações sobre necessidades futuras de transporte, permitindo uma melhor programação dos mesmos e uma consolidação mais adequada das cargas com destinos comuns;
b) **Identificação e localização da matéria-prima**: adequar o armazenamento das chapas para fabricação dos tampos 'inter-fábrica' de modo que sua localização seja rápida e precisa, eliminando os tempos atualmente gastos com procura do material. A identificação proposta consiste da utilização de etiquetas adesivas que identificam o material e sua aplicação, processo já existente na empresa, porém não aplicado para identificação destas matérias-primas;
c) **Revisão do processo inter-fábrica**: unificar e melhorar o processo inter-fábrica (fabricação entre as fábricas da empresa estudada) em termos de controles – eliminar a necessidade de retrabalho na geração da documentação de produção;
d) **Programação**: melhorar a sistemática de programação da fabricação dos tampos de modo que o programador tenha critérios claros e precisos para priorização de um trabalho em detrimento de outro. Uma proposta concreta para melhorar esta programação seria a participação de um representante da primeira unidade (a qual é fornecedora e cliente – estabelecendo uma programação puxada em função das necessidades do processo cliente) na definição do programa de produção em conjunto com o programador da segunda unidade, complementada pelo compartilhamento de recursos (*time slicing*), tendo em vista que de 60 a 70% do volume de tampos produzidos na segunda unidade são demanda da primeira e há uma restrição que limita o envio dos equipamentos para a primeira unidade. A sugestão é que durante 3 dias da semana os recursos do processo de fabricação dos tampos existentes na segunda unidade sejam reservados para os tampos da primeira unidade, de modo que o transporte (ida e volta) e armazenagem das chapas cortadas sejam executados nos dois dias restantes.

Na fabricação dos bocais e boca de visita, as sugestões de melhoria concentram-se em:

a) **Formação de uma célula de manufatura:** dedicada para a fabricação dos mesmos, possibilitando que sua fabricação seja realizada de maneira paralela à fabricação do corpo (ver paralelismo nas atividades mostrado no anexo B). Além disso, utilizando-se dos conceitos da Tecnologia de Grupo sugere-se a formação de uma família de componentes que compreenderiam bocais, bocas de visita, clips e selas, os quais em conjunto podem ser denominados como Miscelâneas;
b) **Melhoria da coordenação das ordens no chão-de-fábrica:** principalmente entre os estágios produtivos que alimentam a montagem do vaso de pressão, a qual possui um *layout* por posição fixa, ou seja, tem recursos dedicados para este fim, os quais têm sido utilizados inadequadamente em virtude da alta variabilidade de chegada dos materiais – para tanto sugere-se a adaptação da ferramenta POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization)* para coordenação destes estágios produtivos.

O resultado geral esperado com a implantação das sugestões de melhoria propostas é a

redução do *lead time* de fabricação do Vaso de Pressão em 40%, ou seja, redução de 116 para 69 dias. Para este fim, seguindo os passos determinados pela metodologia QRM, foram atacadas as principais esperas identificadas no MCT. As reduções esperadas são apresentadas no MCT futuro, mostrado no anexo B.

Conforme a literatura destaca, avaliar os ganhos de um projeto QRM não é tarefa fácil, principalmente se a empresa não entender a redução do *lead time* como métrica fundamental para a melhoria de desempenho e obtenção de vantagem competitiva. A partir da comparação entre o MCT atual e o MCT futuro, apresentados nos anexos, fica fácil a verificação do potencial de ganhos gerados pelas propostas geradas com base na metodologia QRM.

A tabela 1 resume os investimentos necessários para implantação das sugestões de melhoria e os ganhos esperados, salientando-se o fato de que os investimentos serão realizados de uma única vez e os ganhos esperados estão relacionados a cada unidade de vaso de pressão fabricado, ou seja, a fabricação de dez vasos de pressão paga o investimento necessário. Tendo em vista que foram fabricados 131 vasos de pressão na unidade estudada no ano de 2010 e que em períodos de baixo volume de produção são fabricados, em média três vasos por mês, a implantação das sugestões de melhoria se mostram bastante viáveis.

Item	*Investimento Previsto (R$)*	*Ganho Esperado (R$)*
Fabricação dos Tampos	0	2.304
Célula de Miscelâneas	42.667	1.600
POLCA	3.500	985
Total	**46.167**	**4.889**

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1 – Investimentos previstos e ganhos esperados relacionados à implantação das sugestões de melhoria

6. Considerações finais

O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma proposta de aplicação dos conceitos e ferramentas do QRM para a redução do *lead time* na manufatura de bens de capital sob encomenda, associado à resolução do seguinte problema de pesquisa colocado: como e em quais aspectos o QRM pode auxiliar na redução do *lead time* na empresa estudada?

Tal obejtivo foi atingido, tendo em vista que sugestões de melhoria foram elaboradoras a partir da análise dos problemas relacionados ao *lead time* de alguns processos/produto da empresa estudada à luz dos princípios propostos na literatura sobre o QRM. Estas sugestões foram detalhadas (forma de operacionalização e custos envolvidos) em relatório disponibilizado para a empresa e podem ser implementadas.

Com relação ao problema de pesquisa colocado, os resultados apontam para o potencial de ganho proveniente da redução do *lead time* nas organizações, assim como a quantidade de oportunidades de melhoria que podem ser identificadas e atacadas a partir da adoção de uma metodologia estruturada focada nesta redução – configurando-se como uma alternativa para a busca de vantagem competitiva, sob a perspectiva da competição baseada no tempo.

Os aspectos apresentados na literatura como oriundos da espiral do tempo de resposta são facilmente observados no caso estudado e demonstram que o uso de sistemas de medição, planejamento e controle tradicionais que não tem a redução do *lead time* como alvo, levam ao negligenciamento de oportunidades significativas de melhoria, como as apresentados nos resultados esperados (40% na redução do *lead time* de um processo de fabricação específico).

Reconhecidas as limitações deste estudo, principalmente no que se refere ao fato de se tratar de um estudo de caso único, um estudo futuro que pode ser delineado refere-se ao acompanhamento da implantação efetiva na empresa estudada das sugestões de melhoria elencadas, envolvendo a adequação dos indicadores de desempenho existentes na empresa a fim de adequá-los ao propósito de redução do *lead time*.

Referências

AVELLAR, A.P. Relatório setorial final: bens de capital. Pesquisa DPP – *Diretório de Pesquisa Privada*, 2008. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/PortalDPP> (Acesso mar./2010)

BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present. *Managment Decision*, vol. 43, N. 5, p.761-771, 2005.

DILWORTH, J.B. *Productions and Operations Management* – manufacturing and services. 5th Ed. New York: McGraw-Hill, 1993.

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

FERNANDES, F.C.F.; MACCARTHY, B.L. Production planning and control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts. *Proceedings of the 15th International Conference on CAD/CAM, Robotics & Factories of the Future* (CARS&FOF99). Águas de Lindóia, Brasil, Ago. 1999.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. *Planejamento e controle da produção*: dos fundamentos ao essencial. São Paulo: Atlas, 2010.

HAYES, J.P.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, S. *Produção, Estratégia e Tecnologia* – em busca da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

KRITCHANCHAI, D.; MACCARTHY, B.L. Responsiveness and strategy in manufacturing. *Proceedings of the Workshop Responsiveness in Manufacturing*, digest nº 98/213, IEE, London, 1998.

NASSIF, A**.** Estrutura e Competitividade da Indústria de bens de capital brasileira. *Texto para discussão nº 109*, BNDES, Rio de Janeiro, ago. 2007.

SEVERINO, M. R.; LAGE JUNIOR, M.; CAMPANINI, L.; GUIMARÃES, A. A.; GODINHO FILHO, M. AGUILERA, M. Proposta de utilização do sistema Period Batch Control para redução de lead time em uma empresa de bens de capital. *Produção*, v.20, n.4, p.612-625, out./dez. 2010.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Designing and Managing the Supply Chain* – concepts, strategies and case studies. 2nd Ed., Boston: McGraw-Hill, 2003.

SIPPER, D.; BULFIN JR.; R.T. *Production: planning, control and integration*. New York: McGraw Hill, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2a. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STALK, G. Time – The next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, p.41-51, Jul.-Ago., 1988.

STALK, G.; HOUT, T**.** *Competing against time*: how time-based competition is reshaping global markets. New York: Free Press,1990.

SURI, R. *It´s about time:* the competitive advantage of quick response manufacturing. New York: Productivity Press, 2010.

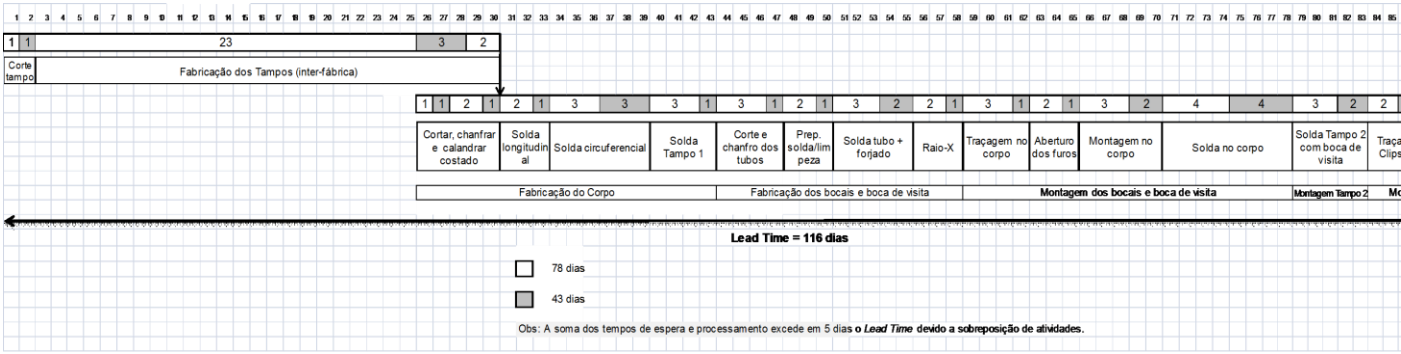
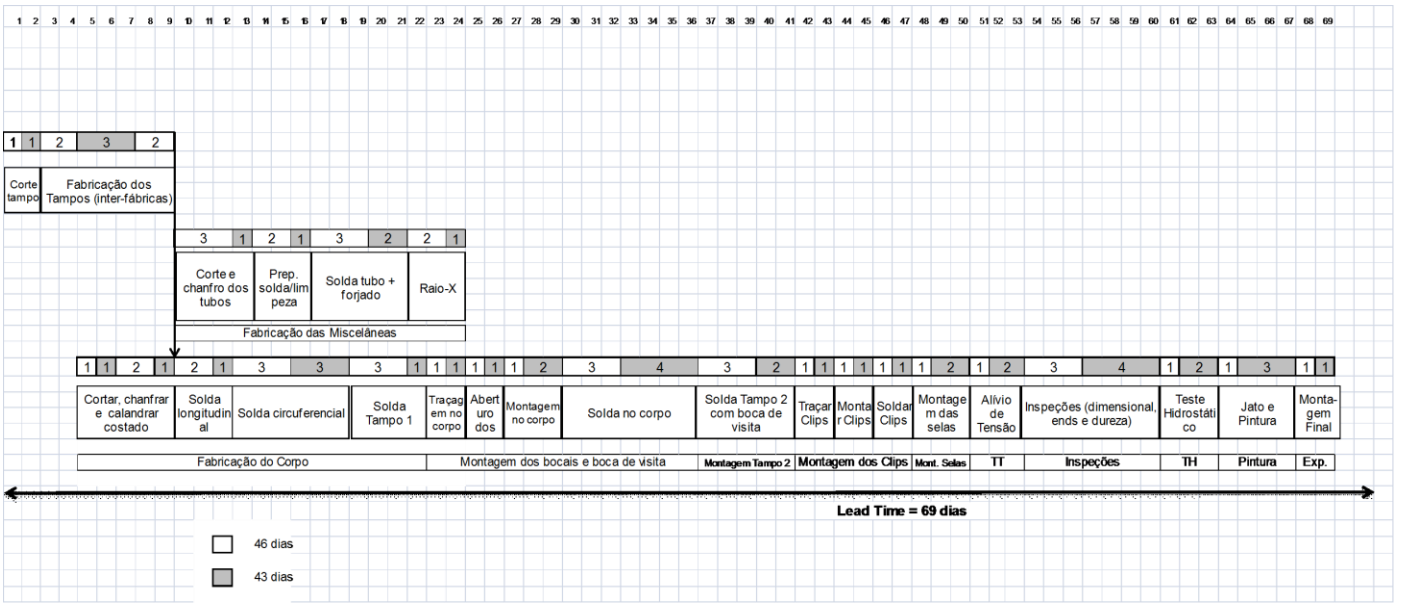
SURI, R. *Quick response manufacturing*: a companywide approach to reducing lead times. Portland, OR: Productivity Press, 1998.

TELLES, P. C. S. *Vasos de Pressão*. 2a. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.

YIN, R. K. *Estudo de caso*: planejamento e métodos. 2ª. 12d. Porto Alegre-RS: Bookman, 2001.

Anexos

Anexo A - MCT atual do Vaso de Pressão – situação atual do *lead time*



Anexo B - MCT Futuro – considerados os efeitos da implantação das sugestões de melhoria no *lead time* de fabricação