

# Aplicação da abordagem QRM em uma empresa do setor químico

## *Application of QRM approach in a chemical company*

Carolina Belotti Pedroso<sup>1</sup> - Univ. de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos - Dep. de Engenharia de Produção  
Moacir Godinho Filho<sup>2</sup> - Univ. Federal de São Carlos - Dep. de Engenharia de Produção  
Ana Paula Hayashi<sup>3</sup> - Univ. Federal de São Carlos - Dep. de Engenharia de Produção

**RESUMO** A abordagem *Quick Response Manufacturing (QRM)* tem como principal objetivo a redução de *lead time* em organizações cujo ambiente possui uma grande variedade de produtos. Com a evolução dos paradigmas de produção e considerando o contexto atual no qual as organizações estão inseridas é cada vez mais crescente a necessidade de competição com ênfase em tempo. Desta forma, a presente pesquisa teve como foco investigar as principais causas de *lead times* longos em uma empresa do setor químico a fim de minimizá-los. Deste modo, a pesquisa teve início com a revisão bibliográfica sobre o tema QRM; a segunda parte da pesquisa foi composta por um estudo de campo e contou com a utilização do programa de simulação computacional MPX. Os resultados obtidos na pesquisa demonstram a eficácia da aplicabilidade de conceitos oriundos do QRM para a redução de *lead time*, permitindo a possibilidade de redução de cerca de 50% do *lead time*. O presente trabalho apresenta contribuições para a teoria acerca do tema, colaborando para a divulgação do assunto que é relativamente escasso no Brasil.

**Palavras-chave:** QRM. *Quick Response Manufacturing*. Redução de *lead time*.

**ABSTRACT** *The Quick Response Management (QRM) has as its main goal lead time reduction in companies that offer a wide range of products. With the evolution of production paradigms and considering the current context in which organizations operate, the necessity of competition based on time is growing increasingly. Due to this, and in order to minimize them, this research focused on investigating the main causes of these long lead times in a company active in the chemical sector. The research started with a bibliographic review about the subject of QRM; the second part of the study consisted of field research and the use of a computer simulation application (MPX.) Results from the research show the effectiveness of applying concepts from QRM for lead time reduction, whereby a reduction of around 50% in lead time was possible. This paper outlines contributions to the theories about the subject and collaborates to disseminate this issue, which is relatively scarce in Brazil, more broadly.*

**Keywords:** QRM. *Quick Response Manufacturing*. *Lead Time Reduction*.

1. Av. Trabalhador São-Carlense, nº 400, 13566-590, São Carlos/SP, carolina.belotti@usp.br; 2. moacir@dep.ufscar.br; 3. anaph@bol.com.br

PEDROSO, C. B.; FILHO, M. G.; HAYASHI, A. P. Aplicação da abordagem QRM em uma empresa do setor químico. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 2, abr-jun/2017, p. 283-304.

DOI: 10.15675/gepros.v12i2.1656

## 1. INTRODUÇÃO

O tempo de ciclo reduzido não é um conceito novo em estratégia de operações, sendo que para organizações líderes, a rapidez no atendimento de pedidos tem dois papéis fundamentais: primeiro, é uma capacidade organizacional, um nível de desempenho que a gestão modela e constrói dentro dos sistemas de operação da organização, dentro dos gargalos, erros e estoques que as empresas apresentam. Quanto mais rápido a organização responder aos pedidos de seus clientes ou se ajustar às mudanças das exigências do mercado e às condições de competição, mais rapidamente as informações, decisões, e materiais fluirão através da organização e maior será a disponibilidade de tempo destinado às atividades, tais como planejamento. Em segundo lugar, o tempo de ciclo reduzido é um paradigma para a Administração, um estilo de pensamento sobre como organizar ou liderar uma organização e como obter real vantagem competitiva sobre os concorrentes (BOWER; HOUT, 1998). O modo pelo qual organizações líderes administram o tempo – em produção, desenvolvimento de produtos e introdução, vendas e distribuição - representa a mais poderosa fonte de vantagem competitiva (STALK, 1998). O QRM é a estratégia que permite às organizações diminuir drasticamente seus respectivos *lead times*, já que seu foco está na redução de *lead time*, resultando em eliminação de desperdícios, aumentando a qualidade e reduzindo custos (SURI, 1998; 2010).

O problema de pesquisa parte da necessidade de investigar as principais causas de *lead times* longos em uma empresa do setor químico, tendo como objetivo minimizá-los através de uma simulação computacional. Para isso, foi selecionada uma família de produtos cujo processo é fonte de *lead times* longos. A detecção das causas de *lead times* longos ocorreu através da elaboração do MCT do processo produtivo do produto investigado, tornando-se, desta forma, unidade de análise da pesquisa. O estudo da redução de *lead times* longos ocorreu por meio da aplicação de ferramentas QRM, que se mostraram pertinentes para combater os problemas encontrados. O QRM é uma abordagem pouco explorada no Brasil, estudado principalmente nos Estados Unidos, local onde se originou. Consideram-se aqui pesquisas realizadas em âmbito nacional, podendo-se destacar como contribuições alguns dos trabalhos realizados por Godinho Filho, tais como: Godinho Filho et al. (2011); Fernandes et al. (2012); Godinho Filho; Veloso Saes (2013); Lima et al. (2013) e Soulé et al. (2016). A pesquisa está estruturada da seguinte forma: a seção inicial apresenta o tema investigado; a segunda seção elenca os principais conceitos referentes ao QRM, a fim de situar sobre o tema de pesquisa. Na terceira seção consta a metodologia. A quarta seção contém o estudo realizado em campo, assim como as ferramentas empre-

gadas para a redução de *lead time*, uma simulação realizada através do *software* MPX e resultados esperados contendo uma nova realidade alcançada através da aplicação da pesquisa. A última seção apresenta as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. QRM: Principais conceitos

A capacidade que uma empresa tem de dispor seus produtos no mercado rapidamente está ligada à velocidade da empresa em atender as necessidades dos clientes (SLACK, 2001). Assim, o tempo que as empresas possuem para desenvolver novos produtos, efetuar o lançamento no mercado e atender devidamente a demanda tem sido limitado. Além disso, a capacidade da empresa em responder rapidamente a demanda é de grande importância. Desta forma, o *lead time* necessário para reabastecer um mercado irá sinalizar a capacidade da empresa em explorar a demanda durante o ciclo de vida de um produto, sendo que as empresas com maiores reduções do *lead time* irão obter maiores vantagens frente aos concorrentes (CHRISTOPHER, 2009). Algumas organizações, entretanto, possuem *lead times* tão longos que varejistas e/ou consumidores finais não poderiam sequer requerer quaisquer mudanças na produção (FISHER et al., 2000). Organizações de manufatura que visam competir com base no tempo devem utilizar métodos que promovam o aumento da responsividade (BLACKBURN, 1991). A abordagem QRM pode ser conceituada como uma estratégia ampla que abrange toda a empresa, devendo ter como escopo todos os aspectos das operações da empresa, tanto internamente quanto externamente. (SURI, 2010b).

O QRM foi inspirado nos princípios dos modelos de gestão japoneses nos anos 1980 a partir de uma estratégia que foi documentada por autores americanos como “*Time Based Competition*” ou “TBC”, a qual se utiliza de rapidez para obter vantagem competitiva. Assim, uma empresa que tem como estratégia *Time Based Competition* entrega seus produtos ou seus serviços mais rapidamente que seus concorrentes (SURI, 1998; STALK, 1998). O TBC é essencial para as organizações manterem-se competitivas na atualidade. O QRM foi responsável por trazer ferramentas que possibilitaram colocar o TBC na prática, pois este tratava de ideias teóricas com poucas aplicações práticas. Para as empresas de manufatura a implantação de QRM significa reduzir *lead time*, tanto com relação ao tempo percorrido para levar o produto ao mercado, quanto com relação ao tempo gasto para se fabricar um produto existente a partir de uma matéria-prima.

Organizações têm tradicionalmente focado em métricas como custo e utilização dos recursos, deixando de lado uma importante fonte de melhoria: o tempo (TREVILLE, 1994). O tempo pode ser medido através de um conceito trazido pelo QRM, o *Manufacturing Critical Path Time* (MCT), definido como: o tempo decorrente entre a criação de um pedido na manufatura, o qual flui através do caminho crítico até que a primeira peça deste pedido seja entregue ao cliente. O MCT é uma métrica valiosa, pois reflete a capacidade de entrega de pedidos por parte do fornecedor, sendo que seu objetivo é manter a filosofia QRM, identificando as maiores oportunidades de melhorias, a fim de detectar as principais causas de *lead times* longos e, conseqüentemente, os maiores direcionadores de desperdícios do sistema como um todo (ERICKSEN et al., 2005).

É importante destacar o papel do conceito de *Focused Target Market Subsegment* (FTMS) no QRM, que diz respeito a um segmento de mercado específico que será atacado pelo QRM, sendo imprescindível que este seja determinado e delimitado previamente (SURI, 1998). Os benefícios trazidos pelo QRM são diversos tais como: redução de custos abrangendo todas as etapas do ciclo de vida do produto, aumento da satisfação dos clientes, maximização de *market share* e maior lucratividade (TUBINO; SURI, 2000). O QRM não se limita apenas à manufatura, mas também pode ser aplicado às demais áreas da empresa, bem como à cadeia de suprimentos. A principal força do QRM se estabelece na utilização de uma estratégia unificada para a empresa toda, e não em diferentes modelos para diferentes partes da organização (SURI, 1998). A aplicação de QRM pode ocorrer em diversas áreas funcionais da empresa, sendo que para que a implantação do QRM ocorra com sucesso necessita-se que a empresa mude sua cultura organizacional, e passe a considerar questões-chaves de manufatura que não estejam arraigadas em conceitos de economia de escala. Assim, a abordagem QRM requer pensar em termos de minimização de tempo ou de maximização da velocidade, através da busca da “economia de rapidez” (SURI, 1998; 2010a).

O primeiro passo para a implementação do QRM é a mudança da mentalidade recorrente na empresa, ou seja, da cultura organizacional, já que o QRM vai contra vários paradigmas encontrados nas organizações, tal como a Produção Enxuta, que funcionou ao longo das últimas décadas, mas na atualidade pode não ser mais adequada em muitas situações. A tecnologia tem mudado a forma pela qual as empresas interagem com seus clientes, aumentando a variedade de produtos. Assim, deve-se aplicar as ferramentas que melhor se encaixam nesta circunstância, já que a maioria das empresas hoje oferece alta variedade de produtos, algumas até com determinado grau de customização (por outro lado, a Manufatura Enxuta é adequada para altos volumes e baixa variedade)

(SURI, 2010b). Apesar de o custo continuar representando um importante elemento para a competitividade das organizações, o modo atual de competição, no qual o ritmo é ditado pela globalização requer cada vez mais que as empresas realizem seus processos e entreguem seus produtos com rapidez. Assim, o foco recai sobre o fator tempo, sendo que este tipo de habilidade é ainda mais essencial para determinados tipos de empresas, tais como as que oferecem produtos inovadores, que de acordo com Fisher (1997), requerem uma cadeia ágil. Desta forma, observa-se que o fator tempo ganha um destaque especial na atualidade. Propõe-se, portanto, incentivar uma reflexão acerca desse novo paradigma de produção, que não mais é centrado em produção enxuta e princípios afins, mas sim cada vez mais focado em tempo.

## 2.2. Princípios e ferramentas do QRM

O esforço central do QRM tem como objetivo combater *lead times* longos em um contexto de grande variedade de produtos. O *lead time* é decorrente de problemas originados no processo produtivo, como, por exemplo, tamanho dos lotes, tempos de *setup* e programação da produção de pouca qualidade, sendo que os esforços para reduzir o *lead time* podem resultar em vantagem competitiva significativa, aumento da lucratividade por meio da redução de atividades que não agregam valor, redução de níveis de inventário e maximização de retornos sobre investimentos (SURI, 1996; CENTER OF QUICK RESPONSE MANUFACTURING, 2012). Por sua vez, *lead time* significa: “tempo decorrido entre a transmissão de um pedido efetuado por um cliente até este pedido ser recebido pelo cliente” (ERICKSEN; STOFLET; SURI, 2007).

Dessa forma, para que haja a redução de *lead time* são recomendados quatro passos: i) coleta e análise de dados; ii) identificação das causas de *lead times* longos; iii) proposta de melhorias com base em princípios e ferramentas do QRM; iv) simulação dos resultados a serem obtidos (SURI, 1998).

Os principais conceitos do QRM relativos à manufatura podem ser visualizados no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais conceitos do QRM relativos à Manufatura.

PRINCIPAIS CONCEITOS DO QRM	
1	Gestão focada na redução de <i>lead time</i> ;
2	Utilização de conceitos da Dinâmica de Sistemas ( <i>System Dynamics</i> );
3	Combate à alta utilização de recursos produtivos;
4	Entendimento do efeito da variabilidade no processo;
5	Adequação do tamanho de lote em razão da redução de <i>lead time</i> ;
6	Utilização do POLCA como sistema de controle de produção;
7	Mapeamento do MCT.

Fonte: Adaptado de SURI (1998).

Conforme Suri (2010b), após o MCT ser definido, para que haja redução de *lead time* quatro passos são necessários:

- a) Entender e explorar o poder do tempo;
- b) Alterar a estrutura organizacional para atingir a redução de *lead time*;
- c) Entender e explorar a Dinâmica do Sistema (*System Dynamics*);
- d) Focar a redução de *lead time* abordando a empresa como um todo.

Alguns esforços para redução de *lead time* são propostos, tais como: o *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e o *Time Slicing*. O SMED é uma prática trazida pela Produção Enxuta, por Shigeo Shingo na década de 1950, que tem como finalidade reduzir o tempo de preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção. Tal feito é possível através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e de dispositivos de fixação de materiais. A redução do SMED produz efeitos imediatos e diretos no aumento do tempo disponível para a produção e na redução do tempo dedicado ao ciclo produtivo, acarretando em aumento da produtividade (SHINGO, 2000). De acordo com o mesmo autor (2000), os principais problemas observados residem nos elevados tempos denominados de “não produção”, sendo sua principal causa a frequente necessidade de mudança das ferramentas sempre que se termina um lote e é necessário iniciar a produção de um novo lote. O tempo de *setup* compreende quatro funções: preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios (aproximadamente 30%); fixação e remoção de matrizes e ferramentas (por volta de 5%); centragem e determinação das dimensões das ferramentas (em média 15%); e

processamentos iniciais e ajustes (cerca de 50%). O SMED corresponde a cinco passos básicos: estudos, filmagens e observações a fim de identificar atividades internas e externas; separação das atividades internas e externas; transformação de atividades internas em atividades externas; redução de atividades internas, através de redução de tarefas ou de otimização do processo; redução de atividades externas, por meio dos mesmos mecanismos de redução de atividades internas. Conforme Suri (1998), nos casos em que uma determinada operação é necessária, mas que não pode ser realizada em uma célula, devido a restrições de custos, o *Time Slicing* pode ser usado, pois seu conceito dedica um recurso compartilhado de acordo com um horário pré-determinado. Com o *Time Slicing*, o tempo disponível para o recurso compartilhado é dividido de acordo com as exigências de duas ou mais células de fabricação. A fim de implementar o *Time Slicing* com sucesso é importante que a organização seja disciplinada e que a capacidade seja disponibilizada para as células sem qualquer exceção.

Deve-se alinhar com as perspectivas do QRM não apenas o trabalho em si, mas também a forma como o trabalho é executado. Desta forma, o plano de Capacitação de colaboradores propõe uma ação proativa, tendo em vista antecipar-se aos problemas, a partir de uma leitura do cenário atual aliado à missão e à visão organizacional. Nesse contexto, o treinamento caracteriza-se como uma ação preventiva, voltada para o futuro, a fim de capacitar os colaboradores da organização (CHIAVENATO, 1999). A elaboração do programa de treinamento conta com plena participação dos representantes e líderes do processo de fabricação do produto, além do corpo operacional, tendo em vista o conhecimento técnico-operacional e as necessidades inerentes do processo, permitindo uma visão ampla, revisões e mudanças de acordo com os requisitos levantados através da análise do MCT. Tal estratégia visa assegurar um corpo operacional fabril multifuncional permitindo a reposição da mão-de-obra qualificada e pronta para atender as diversidades existentes na unidade de produção do produto em questão (nos casos de ocorrência de imprevistos, a fim de não prejudicar o fluxo produtivo). O plano de capacitação se concentra nas necessidades levantadas dos processos em si, apontando ações que têm como objetivo priorizar a absorção de conhecimentos, habilidades e atitudes, convergindo para uma melhor adequação entre as características dos colaboradores e as exigências dos papéis funcionais e operacionais do processo. Sendo assim, propõem-se segmentar o plano tanto em nível operacional, quanto em nível estratégico. O plano de capacitação de colaboradores conta ainda com as etapas de implementação e avaliação do plano desenvolvido (KROEHNERT, 2001).

Recomenda-se também a adoção de princípios de *layout* celular, pois seus benefícios estão alinhados com os objetivos do QRM. De acordo com Chase et al. (2006) o *layout* celular pode ser definido como a alocação de máquinas distintas em células com o fim de realizar trabalhos em produtos cujas características e requisitos de processamento sejam similares. Suri (2010b), recomenda a adoção de células flexíveis, centradas na manufatura celular, no qual ocorre o processamento de peças similares em um conjunto determinado de máquinas ou de processos de fabricação (também conhecidos como células). Além disso, não há a necessidade de haver um fluxo celular, a ideia central é obter um fluxo rápido e suave de materiais ao longo das operações (SOULÉ et al., 2016).

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa iniciou-se com uma revisão bibliográfica com objetivo de explicar uma problemática e levantar principais conceitos (Cervo; Bervian, 1996). Assim, foi conduzida uma revisão bibliográfica sobre o tema QRM, a fim de promover embasamento teórico sobre o assunto explorado através da incorporação de artigos e de livros sobre o assunto na pesquisa. A segunda parte da pesquisa é composta por um estudo de campo, que explora de forma detalhada as variáveis apresentadas. A pesquisa conta ainda com a utilização do programa de simulação computacional MPX, pois de acordo com Suri (1998), esse *software* é baseado na teoria das filas e tem como intuito apontar problemas de *lead times* e de capacidade, permitindo prever os impactos das melhorias propostas com relação ao tamanho de lotes, força de trabalho ou ainda quanto ao uso de equipamentos necessários para a manufatura. Além disso, o MPX permite correlacionar diversas variáveis pertinentes à manufatura, tais como tempo de *setup*, tamanho de lotes, variabilidade de tempos e taxas de utilização de equipamentos.

A pesquisa é classificada como aplicada, ou seja, é motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, sendo estes imediatos ou não (VERGARA, 2000). A justificativa para a escolha da empresa estudada foi: ser uma empresa de grande porte, consolidada no mercado e que possua alta variedade de produtos (levando em consideração que ambientes com alta variedade de produtos são propícios para a implantação de conceitos QRM), dessa forma, a empresa caracterizou-se como ideal para a realização do estudo.

O contato inicial com a empresa foi realizado através de uma engenheira da empresa, que se disponibilizou a agendar uma visita às instalações da fábrica. Esta visita possibilitou realizar observações diretas realizadas na planta produtiva da empresa estudada, na presença de um guia cuja finalidade era explicar

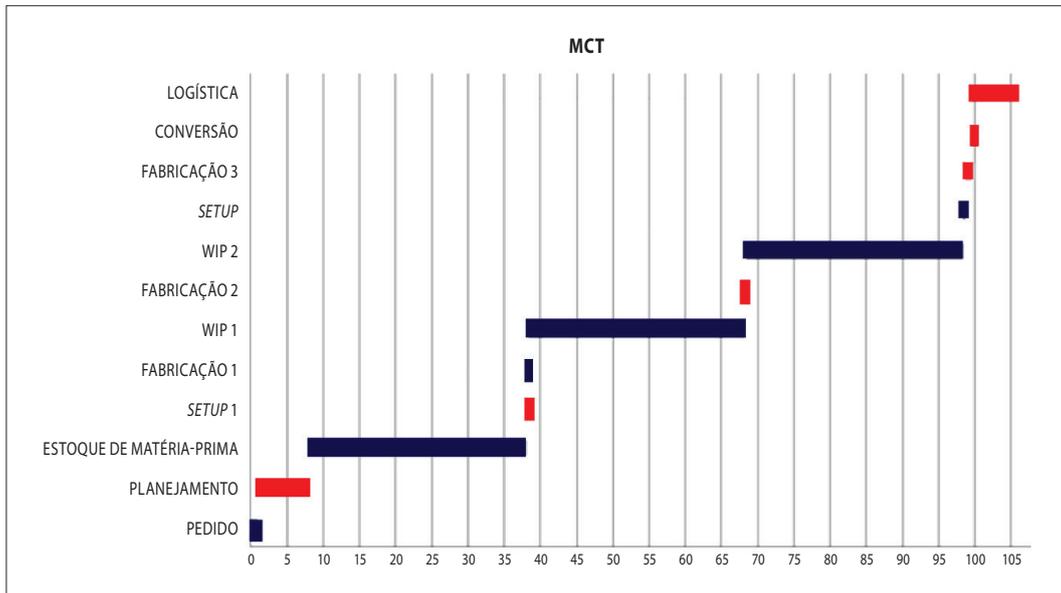
a maneira pela qual o processo ocorria na empresa. Durante as observações foi possível constatar o modo de fabricação dos produtos em estudo, desde sua etapa inicial até seu estado final. A primeira visita contou com o total de 2 horas, sendo supervisionada pelo responsável do processo em estudo. Foram realizadas diversas visitas à planta produtiva, com um tempo médio de 30 minutos cada. Através das visitas às instalações fabris foi possível obter maior familiaridade com o processo produtivo do produto estudado, sendo que a presença do guia foi essencial para o esclarecimento de pontos críticos para a realização da pesquisa. Maior flexibilidade e oportunidade de coleta de dados foram possíveis por conta de facilidade de acesso aos processos de produção da empresa. As observações trouxeram a oportunidade de maior percepção do problema estudado, sendo possível, desta forma, enriquecer a base de conhecimentos para a realização da pesquisa.

Em adição às observações, foram realizadas entrevistas com colaboradores que possuíam alta proximidade com o processo abordado, já que os entrevistados foram escolhidos em função da sua participação no processo. As entrevistas foram realizadas com gerentes e engenheiros responsáveis pelos processos em questão, além de operadores diretamente ligados às atividades de manufatura do produto. Foram consultados: Gerente de Produção, Engenheiro de Processos e Operadores de chão de fábrica. Cada uma das entrevistas contou com aproximadamente 30 minutos e trouxeram a possibilidade de maior entendimento da dinâmica do processo produtivo, complementando, deste modo, as observações previamente realizadas no chão de fábrica. Ademais, as entrevistas tiveram papel fundamental para a pesquisa, já que por meio delas foi possível realizar a verificação dos dados coletados previamente, se caracterizando como meio de triangulação de dados. As entrevistas apresentaram questões semiestruturadas, a fim de proporcionar aos entrevistados quaisquer possibilidades de discorrer sobre pontos adicionais acerca do processo de fabricação do produto. Os principais temas abordados nas entrevistas estão relacionados às questões do processo produtivo do produto em análise, a fim de obter o entendimento sobre as etapas necessárias para manufatura do produto final, aspectos do *lead time* do produto, parcela de agregação de valor, processo de aquisição das matérias-primas e logística de distribuição. O procedimento de coleta de dados se deu por meio da aplicação de um formulário semiestruturado aos gerentes e engenheiros responsáveis pelo processo produtivo investigado, a fim de sanar dúvidas acerca do processo e demais elementos, tais como processo de aquisição das matérias-primas e logística de distribuição. A partir das técnicas de pesquisa aplicadas para a coleta de dados foi possível a identificação das causas de *lead times* longos através da elaboração do MCT, bem como a formulação de propostas de melhorias.

## 4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos na pesquisa de campo que foi efetuada de acordo com os conceitos provenientes do QRM desenvolvidos a partir do referencial teórico. A empresa pesquisada é pertencente ao setor químico, possui origem americana, está estabelecida no interior de São Paulo e apresenta como política de resposta à demanda a estratégia MTS (*Make to Stock*). Apesar de ser uma organização de grande porte e produzir em larga escala, a empresa possui diversas subdivisões, o que acarreta em grande diversidade de produtos. O processo produtivo do produto analisado é crítico para a empresa, apresentando maior quantidade de etapas produtivas, quando comparado aos demais produtos da mesma família (no total são sete etapas produtivas para a obtenção do produto acabado, enquanto outros produtos da mesma família levam apenas uma etapa produtiva para sua finalização). O produto analisado apresenta relativamente o mesmo nível de rentabilidade dos demais produtos pertencentes a sua família, porém sua complexidade demanda um maior número de etapas do processo produtivo. Outro fator preponderante é a demanda crescente pelo produto, que aponta para a necessidade de promover resposta mais rápida às necessidades do mercado. Para que a empresa consiga atender o mercado, nesse contexto, é necessário lançar práticas que busquem a redução de *lead time*, disponibilizando o produto mais rapidamente e criando maiores oportunidades de vendas e de agregação de valor. Por meio de observações sistemáticas do processo produtivo e de entrevistas com gerentes e responsáveis pelo processo pôde-se adquirir o entendimento do processo em estudo. A partir da aplicação do MCT foi possível detectar as principais fontes de *lead times* longos no processo de manufatura do produto. O MCT do processo em estudo na pesquisa pode ser observado conforme a Figura 1. Além da descrição da sequência das atividades necessárias para a fabricação do produto em questão, a figura traz onde se encontram as maiores oportunidades de melhorias, detectadas através da elaboração do MCT.

Figura 1 – MCT do processo de fabricação do produto.



Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

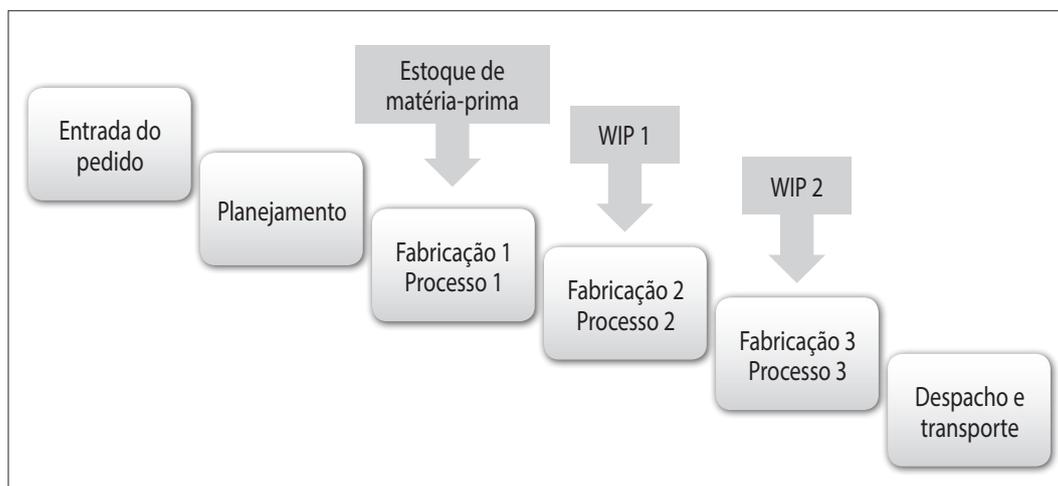
O MCT atual conta com um tempo de ciclo de 105 dias, considerando desde a disparada do pedido por parte do cliente até a entrega do produto final. Após o pedido ser efetuado ocorre toda a ação de planejamento para a produção. Posteriormente ao planejamento da produção há um considerável período de espera por matéria-prima, levando em conta que os materiais empregados na produção são originados da Alemanha. De posse dos insumos necessários para a manufatura, são realizados então os processos de fabricação que compreendem a três fases. Antes do início da primeira parte da manufatura observa-se um tempo de *setup*, sendo que ao final da fabricação 1 há um estoque de produtos em processo, que consome uma parcela de tempo valiosa do tempo de ciclo do pedido. A fabricação 2 é então iniciada, sendo seguida de um novo estoque de produtos em processo que ocupa grande parte do tempo do processo. Por fim, antes da última etapa de manufatura que é relativa à fabricação 3 há um breve *setup*. Ocorre então, a conversão dos pedidos e a expedição destes para os centros de distribuição a fim de serem conduzidos ao varejo para serem disponibilizados aos consumidores finais. Pode-se observar, conforme a análise do MCT atual da empresa que há três grandes oportunidades para redução de *lead time*, sendo detectadas grandes fontes de *lead times* longos. Além da descrição da sequência de atividades necessárias para a fabricação do produto através do MCT é possível detectar onde se encontram as maiores oportunidades de melhorias. As

principais fontes de melhorias são provenientes do estoque de matéria-prima, WIP 1 e WIP 2, cujas causas de *lead times* longos serão atacadas por meio de ferramentas do QRM. Desta forma, a partir da aplicação dos procedimentos de coleta de dados foi possível identificar que o produto em análise possui *lead time* de 105 dias, sendo que em somente 6,28 dias ocorre agregação de valor (aproximadamente 6%). Observa-se que a organização tem origem americana, sendo líder de seu setor de atuação e segundo os entrevistados não há problemas quanto a disponibilidade de recursos requisitados, assim, manutenções são feitas periodicamente e maquinário adequado é disponibilizado, podendo-se descartar tais fatores como fontes de longos *lead times* na presente pesquisa.

#### 4.1. Principais problemas identificados

O processo tem início com a colocação do pedido, que é realizada através da sinalização de necessidade por parte do consumidor. De posse das informações necessárias para a fabricação dos pedidos, tais como níveis de produção necessários para satisfazer a demanda do período, é realizado o planejamento de produção. O primeiro grande estoque do processo ocorre na etapa “Fabricação 1”, no qual matérias-primas que serão destinadas a compor os produtos finais passam por um período de espera. Este tempo em que matérias-primas aguardam seus respectivos processamentos é ocasionado principalmente por conta de longos *setups* de máquinas, que são também destinadas à produção de outros produtos concorrentes por recursos na empresa. O mesmo problema pode ser observado na “Fabricação 2”, que engloba o processo WIP 1. Tanto os longos tempos de *setup*, quanto a necessidade de compartilhamento de recursos produtivos, em especial máquinas empregadas no processo, são causadores da espera nesse processo. A “Fabricação 3” sofre também dos mesmos males encontrados nas etapas “Fabricação 1” e “Fabricação 2”, porém as causas de tais problemas são ainda mais vastas. No caso da “Fabricação 3” em que ocorre o processo “WIP 2” além de haver a necessidade de compartilhamento de máquinas, há também o compartilhamento de recursos humanos empregados na fabricação do produto em questão com outros dois produtos. O produto analisado não possui quaisquer prioridades de produção, quando comparado aos demais produtos que concorrem pelos mesmos recursos, tanto em termos mecânicos, quanto em termos humanos. Esta condição agrava ainda mais a situação, pois devido a dimensão humana que este problema ocupa, caso ocorra a falta de algum operador o processo pode deteriorar-se ainda mais.

Figura 2 – Processo Produtivo do Produto.



Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

Os principais problemas identificados podem ser sintetizados conforme:

- Elevado estoque de matéria-prima. O fornecedor de matéria-prima para a fabricação do produto é proveniente da Alemanha, sendo este um fornecedor global de matéria-prima. Os produtos comprados pela empresa têm uma frequência de entrega mensal, que é realizada via transporte marítimo com toda a carga contida em um único contêiner, contendo 2.200 kg de matéria-prima, capaz de suprir uma demanda de 30 dias.
- Altos estoques encontrados no WIP 1. As causas dos estoques no WIP 1 são longos *setups* de máquinas, já que a média de espera para a realização deste é de 04 horas. Ademais, a máquina utilizada nesse processo é compartilhada com outros produtos. Finalmente, uma fonte potencial para os altos estoques são os lotes grandes, estipulados de forma a garantir a redução de custos de fabricação.
- Grandes estoques presentes no WIP 2, que são devidos as mesmas causas que foram exploradas no problema exposto acima: longos *setups* de máquinas que têm uma média de 04 horas e uma política de grandes lotes, motivada pela minimização de custos de manufatura. No caso do WIP 2, entretanto, há uma variável adicional: a mão-de-obra utilizada para este processo é também compartilhada com demais processos da fábrica, concorrendo, deste modo, por recursos adicionais.

## 4.2. Soluções propostas

A presente seção busca especificar as principais ferramentas utilizadas para solucionar os problemas encontrados na pesquisa, além disso, apresenta-se a simulação computacional realizada através do programa MPX. A primeira recomendação para a solução do problema observado foi a implantação do *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou em tradução aproximada “troca rápida de ferramentas”. O SMED permite a redução de *lead time* através da troca rápida de ferramentas, atacando todos os pontos que constituem o *lead time*, e possibilitando a obtenção de *lead times* menores e contribuindo para a minimização do problema em questão. O processo de manufatura do produto requer o compartilhamento de recursos com outros produtos que são produzidos pela empresa. O produto analisado não possui prioridade de processamento nas máquinas, nem por parte dos operários, devendo, deste modo, aguardar a liberação de tempo disponível da máquina para que os produtos em questão sejam processados. Esta política é devida, em parte, pelo produto não justificar a necessidade de compra de uma máquina nova para seu processamento exclusivo, bem como a contratação de mais operários. Desta forma, é estritamente necessário ajustar a agenda de produção para que determinado tempo seja periodicamente dedicado à fabricação do produto em estudo. O QRM dispõe de uma ferramenta, denominada *Time Slicing*, que se configura como uma segunda recomendação para o problema estudado. Pode-se ainda, lançar prática de um plano de capacitação dos colaboradores de chão de fábrica para solucionar os problemas encontrados no estudo desenvolvido. A medida proposta para a solução de lacunas apontadas na pesquisa visa a mudança de aspectos da organização do trabalho. Novos elementos devem ser incorporados, como um sistema que permita o controle descentralizado de equipes de trabalho com *Ownership* pelo processo e com treinamento interfuncional. Uma última proposta é a necessidade de reorganizar o ambiente fabril que cobre o processo final de produção do produto. A reformulação deste ambiente parte do princípio de fornecer maior flexibilidade à demanda sinalizada pelo mercado, assim a reorganização do estado atual parte do pressuposto de estabelecer princípios advindos do *layout* celular para que, desta forma, seja possível proporcionar maior flexibilidade ao processo produtivo.

### 4.3. Simulação computacional para avaliação de benefícios esperados

A simulação realizada através do MPX buscou validar as ações propostas para o lote econômico (QRM) previamente calculado por meio da equação 1 baseada em Suri (2010b):

$$B^* = \frac{S \times Q \times (U_r + \sqrt{U_r \times (1 - U_z)})}{H \times U_r \times (1 - U_z - U_r)}, U_r = \frac{R}{H} \quad (1)$$

Os resultados obtidos através da equação sugerem um lote ideal de aproximadamente 2500m, ajustado em 2000m para melhor adaptação ao *Time Slicing* e redução de estoque. Para maior validação será demonstrado abaixo simulações realizadas através do *software* MPX para verificação do impacto do tamanho dos lotes na utilização e verificação da possibilidade de atingir os resultados esperados com os recursos atuais presentes na empresa. O processo que será simulado trata-se de duas máquinas que possuem tempos praticamente indistintos e que fazem parte da formação de matéria-prima do processo final, sendo, portanto um processo intermediário.

Os dados considerados para simulação foram:

- Variáveis globais: 1 turno de 8 horas; ano de 250 dias; limite de utilização de 95%; variabilidades de 20%.
- Variáveis Específicas: 2 Famílias: A família1, que é foco do trabalho e família 2, representando os demais produtos (esta simplificação foi possível, pois os produtos são semelhantes).
  - Demanda Família 1: 240.000 m/ano
  - Demanda Família 2: 940.000 m/ano
  - Tamanho de lote Família 1: 4.000m
  - Tamanho de lote Família 2: 10.000m
  - Ambas as famílias possuem uma taxa de produção de 16m/min
  - Tempo de *setup* Equip1 Fam1: 4 horas
  - Tempo de *setup* Equip1 Fam2: 2 horas
  - Tempo de *setup* Equip1 Fam1: 2 horas
  - Tempo de *setup* Equip1 Fam2: 2 horas
  - Ambas as famílias passam por 2 equipamentos
  - Ambas as famílias possuem 2 operações (1 em cada equipamento)

- Taxa de falhas nos equipamentos:
- Equip1: 1 a cada 30 dias, 2 horas para reparo
- Equip2: 1 a cada 15 dias; 99 minutos para reparo

Partindo dos dados acima foi simulada a utilização do cenário atual:

Tabela 1 – Resultados Simulação 1.

EQUIPAMENTO	TOTAL DA UTILIZAÇÃO (%)	SETUP (%)	PROCESSAMENTO (%)	REPARO (%)
EQUIP1	88,0	21,8	64,05	2,15
EQUIP2	81,5	15,8	64,05	1,65

Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

Para o cenário atual a utilização do equipamento é de 88%. O tempo de *setup* ocupa 22% desta utilização, sendo um número bastante considerável. Para a proposta de redução do MCT, seria necessário reduzir o tamanho do lote. Na presente circunstância, o lote de 4000m abastece 1 mês de produção, sendo que a fim de reduzir 50% deste valor ao longo do tempo, há a necessidade de se conseguir atingir um lote de 2000m. Desta forma, a simulação foi realizada diminuindo o tamanho do lote para 2000m, já que caso a utilização de 95% fosse respeitada não seria preciso quaisquer mudanças no processo atual, simplesmente quebrar-se-ia o lote pela metade.

Tabela 2 – Resultados Simulação 2.

EQUIPAMENTO	TOTAL DA UTILIZAÇÃO (%)	SETUP (%)	PROCESSAMENTO (%)	REPARO (%)
EQUIP1	100,3	33,8	64,05	2,45
EQUIP2	87,6	21,8	64,05	1,77

Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

A nova rodada de simulação indica que a utilização não só ultrapassa o limite de 95%, assim como também ultrapassa os 100% de utilização, inviabilizando a proposta da redução de lote. Portanto são necessárias ações para que seja possível atingir os resultados esperados no MCT. Neste ponto, é necessária uma simulação para redução de *setup*, onde a proposta será o uso da ferramenta SMED. O *setup* atual é de 4 horas para família estudada no Equip1, sendo que utilizando o SMED pode-se diminuir o *setup* atual para 1 hora de *setup* pelo menos. Casos já realizados na empresa estudada para outras famílias de produ-

tos que utilizam este equipamento foram capazes de atingir resultados de *setups* finais de 10 minutos.

Tabela 3 – Resultados Simulação 3.

EQUIPAMENTO	TOTAL DA UTILIZAÇÃO (%)	SETUP (%)	PROCESSAMENTO (%)	REPARO (%)
EQUIP1	81,9	15,8	64,05	2
EQUIP2	87,6	21,8	64,05	1,77

Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

Com uma redução de 4 vezes no *setup* obtém-se uma redução de 50% na participação do *setup* no total da utilização. O total da utilização é reduzido para 81,9%, valor menor que o inicial com lote de 4000m. Caso o *setup* de ambas as máquinas fossem reduzidos para 1 hora seria possível adotar a utilização de lotes de 1000m, correspondendo a uma semana de demanda, reduzindo assim o MCT para 25% do valor inicial ao longo do tempo, pois assim a utilização será respeitada.

Tabela 4 – Resultados Simulação 4.

EQUIPAMENTO	TOTAL DA UTILIZAÇÃO (%)	SETUP (%)	PROCESSAMENTO (%)	REPARO (%)
EQUIP1	88,0	21,8	64,05	2,15
EQUIP2	87,6	21,8	64,05	1,77

Fonte: Elaborada pelos autores (2014).

A partir dos resultados simulados têm-se dois cenários que podem ser propostos, um mais conservador e outro de maior desempenho e impacto no MCT:

- **Cenário 1:** Adotar lotes para família estudada de 2000m, produzindo a cada 15 dias através do *Time Slicing*. Esta prática é totalmente viável após a redução do *setup*, pois não gera impactos no atendimento dos demais produtos fabricados nestes mesmos equipamentos. Como a utilização do equipamento será praticamente a mesma, o custo obtido através da metodologia atual adotada pela empresa se manterá praticamente igual, não se caracterizando como um obstáculo para implantação do projeto. Neste cenário o MCT será reduzido ao longo do tempo para 15 dias em cada etapa, reduzindo assim ambas as etapas, de 60 dias para 30 dias. Neste ponto a redução é dada após o consumo do passivo na fábrica e quando o novo processo estiver em regime.



se tornando o último passo do processo de manufatura. Tal feito é possível, pois o processo de Fabricação 2 é relativo a parte final do processo, no qual o produto é colocado à medida em que as necessidades dos clientes surgem.

## 5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados extraídos da simulação computacional, supõe-se que o *lead time* reduza em 50%, o que representa atualmente 60 dias, havendo uma redução de no mínimo 30 dias. Para que a oportunidade de redução de *lead time* seja concretizada é importante observar a necessidade de investimentos por parte da empresa, como, por exemplo, treinamento e aplicação do SMED, bem como em capacitação dos funcionários, tendo em vista que a capacidade atual instalada é suficiente para atender a demanda, desde que satisfeita a condição de redução do *setup* atual para 25% do valor original, ou seja, 1 hora. Conforme se pode verificar, o *lead time* corrente representa 105 dias, sendo que este número pode ser reduzido para 60 dias, através das melhorias identificadas na presente pesquisa. O valor obtido somente com a redução de *lead time* representa 28,5 %, apresentando grandes vantagens em termos de tempo de manufatura para a empresa. Apesar do resultado da implementação computacional parecer ambicioso, percebe-se que casos reais em que empresas implementaram o QRM, obtiveram uma redução de mais de 80% no *lead time*.

A pesquisa apresenta contribuições para a teoria acerca do tema QRM, colaborando para a divulgação do assunto, tendo em vista que são escassos os trabalhos que tratam do assunto tanto no Brasil quanto internacionalmente. Há ainda contribuições práticas, por se tratar de um estudo empírico, pôde-se observar a oportunidade para redução de *lead time* em um caso ilustrativo, se caracterizando como fator motivador para empresas buscarem práticas que visem à competição baseada em tempo. Além de chamar atenção para possibilidade de redução de *lead time* em uma situação em que o tempo está sendo “desperdiçado” o artigo pretende desmistificar alguns paradigmas tradicionais de gestão, e chamar atenção para um novo modelo de competição que vem ganhando espaço cada vez maior na atualidade: o tempo. Fatores como a evolução da tecnologia e a globalização são alguns dos elementos principais causadores deste tipo de mudança, sendo que as empresas devem estar preparadas para esta nova realidade a fim de se manterem competitivas. Assim, recomenda-se a adoção do QRM, sobretudo em situações de alta variedade de produtos, customização de produtos, cenários que apresentem produtos inovadores e mercados em que o ciclo de vida dos produtos seja curto.

A intenção desta pesquisa não é subestimar a Produção Enxuta, que possui seus próprios benefícios e que pode ser adequada para algumas situações, porém tem sido vendida ao longo do tempo como “a cura para todos os males”. Deve-se considerar que situações propícias para a Produção Enxuta tem se estreitado ultimamente, demandando espaço para um novo modelo de competição baseado em tempo. Assim, as organizações devem estar atentas a este novo paradigma e se adequarem para que possam competir neste novo tipo de mercado. Para pesquisas futuras sugere-se investigar o processo de implementação do QRM, identificando fatores facilitadores e potenciais barreiras. O QRM requer mudança de pensamento, estando sujeito a contingências do ambiente, assim, seria interessante desenvolver estudos comparativos entre empresas de origem nacional e internacionais. Por fim, sugere-se realizar uma pesquisa *survey* a fim de identificar o panorama acerca da aplicação do QRM em âmbito nacional.

## REFERÊNCIAS

- BLACKBURN, J. **Time-based competition: the next battleground in American manufacturing**. Homewood, USA: Business One Irwin, 1991.
- BOWER, J. L.; HOUT, T. M. Fast Cycle capability for competitive power. **Harvard Business Review**, n. 6, p. 110-118, 1998.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CHIAVENATO, I. **Gestão de Pessoas: O novo papel dos recursos humanos nas organizações**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: criando redes que agregam valor. 2ª ed., Ed. **Cengage Learning**, São Paulo, 2009.
- 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.
- ERICKESSEN, P. D.; SURI, R. EL-JAWHARI, B.; ARMSTRONG, A. J. Filling the gap: rethinking supply management in the age of global sourcing and lean. **APICS**, February, 2005.

FERNANDES, F. C. F.; GRACIA, E. ; MOLINA, F.; GODINHO FILHO, M. Proposta de um método para atingir a Manufatura Responsiva na indústria de calçados: implantação e avaliação por meio de uma pesquisa-ação. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 509-530, 2012.

FISHER, M. L. What is the right Supply Chain for your Product? **Research & Development**, p. 105-116, 1997.

FISHER, M. L.; RAMAN, A.; MC CLELLANDA. S. Rocket science retailing is almost here are you ready? **Harvard Business Review**, v. 78, n. 4, p. 115-124, 2000.

GODINHO FILHO, M.; VELOSO SAES, E. From time-based competition (TBC) to quick response manufacturing (QRM): the evolution of research aimed at lead time reduction. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 64, n. 5, p. 117-1191, 2013.

GODINHO FILHO, M.; BARCO, C. F.; SAGAWA, J. K.; KINOSHITA, D.; PEIXOTO, M. G. M. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing em uma empresa do setor automobilístico. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte, MG **Anais...** ENEGEP, Belo Horizonte, MG, 2011.

LIMA, A. D.; BACHEGA, S. J.; GODINHO FILHO, M.; CRUZ, V. J. S.; ROSSI, J. M. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing (QRM) para a redução do lead time em operações de escritório. **Produção**, v. 23, n. 1, p. 1-19, 2013.

KROEHNERT, G. **Instruções Básicas para Treinamento em empresas: um manual prático**. São Paulo: Editora Manole, 2001.

SHINGO, S. **Sistema de toca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, N. **Administração da Produção**. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2001.

SOULÉ, F. V.; FRANÇOSO, A. B. L.; COSTA, L. B. M.; KODAMA, T. K.; BESI, N. C.; SCHIAVON, L.; GODINHO FILHO, M. Proposta de redução de lead time na linha de produtos termoeletrônicos de uma pequena empresa familiar do interior paulista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 278-312, 2016.

STALK, G. JR. Time: the next source of competitive advantage. **Harvard Business Review**, p. 41-51, 1998.

SURI, R. Using Queueing Models to Support Quick response manufacturing. **Proceedings of the International IIE Conference**, Minneapolis, MN, May 1996.

\_\_\_\_\_. “Don’t Push or Pull - POLCA”, **APICS Production Management**, v. 8, n. 11, p. 32-38, 1998.

\_\_\_\_\_. Going beyond Lean. Focusing on time, not cost, can save your company a bundle. **Industrial Engineer**, p. 30-35, 2010a.

\_\_\_\_\_. It’s about time: the competitive advantage of quick response manufacturing. **Productive Press**, 2010b.

TREVILLE, S. Using rapid modeling to make kaizen work more effectively. **APICS - The Performance Advantage**, October 1994.

TUBINO, F.; SURI, R. What kind of “numbers” can a company expect after implementing quick response manufacturing? Empirical data from several projects on Lead Time Reduction. Quick Response Manufacturing 2000 Conference Proceedings. **Society of Manufacturing Engineers Press**, Dearborn, MI, p. 943-972, 2000.

UNIVERSITY OF WISCONSIN – Center of quick response manufacturing–**QRM**: A powerful tool for reducing lead times in all phases of manufacturing and office operations. Disponível em: <<http://www.engr.wisc.edu>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.