

Aplicação da manufatura enxuta para melhoria dos resultados operacionais no processo de macharia de uma fundição: estudo de caso Docol

Marcelo Macedo (Instituto Superior Tupy/SOCIESC) marcelo.macedo@sociesc.org.br
Diogo Augusto Fisher (Instituto Superior Tupy/SOCIESC) diogo@docol.com.br
Márcia Adriana Tomaz Duarte (Instituto Superior Tupy/SOCIESC) marcia.duarte@sociesc.org.br

Resumo:

A filosofia da Manufatura Enxuta, desenvolvida na Toyota do Japão após a II Guerra Mundial, revolucionou o sistema de produção em massa. Popularizado por Henry Ford no início do século XX, a produção em massa prosperou principalmente nos Estados Unidos devido a abundância de recursos e um mercado com baixa competitividade. A partir da década de 80 o mundo se rende ao sistema de gestão japonês por fornecer produtos com mais qualidade, mais baixo custo e produtividade superior ao sistema fordista. Atualmente, reconhecido como uma referência de excelência na gestão de sistemas produtivos, o sistema da Manufatura Enxuta vem sendo implantado em várias empresas ao redor do mundo, porém nem sempre com a mesma eficácia do modelo Toyota. Esta pesquisa é um estudo de caso e apresenta os resultados operacionais em um processo de macharia com a implantação parcial de conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta e propostas de melhoria para a garantia dos resultados. Os principais conceitos utilizados são: redução de desperdícios e fluxo contínuo. Obteve-se uma redução de 50,8% no índice de quebra de machos; 38,8% no tempo de ciclo; 64% no *lead time* e 29% no custo direto de fabricação. Além disso, ganho de 11% em produtividade e 38% na capacidade de produção. Para que os resultados sejam sustentados, sugere-se maior sensibilização da equipe quanto à nova filosofia de trabalho e a formalização das rotinas de trabalho. Pode-se concluir que a aplicação da filosofia Enxuta traz melhorias no desempenho operacional, mesmo quando aplicada de forma parcial.

Palavras chave: Manufatura Enxuta; Resultados Operacionais; Propostas de melhoria.

Implementation of lean manufacturing to improve operating results in the core making process of a foundry: Docol case study

Abstract

The Lean Manufacturing philosophy, developed by Toyota in Japan after the Second World War radically changed the mass production system. Disseminated by Henry Ford in the beginning of the XX century, the mass production system succeeded especially in the United States due the resources' abundance and a low competitive market. From the 80s, the world surrenders to the Japanese system for provide products with more quality, lower cost and higher productivity than Ford system. Actually recognized as a reference of excellence in production systems, the Lean Manufacturing have being implemented in organizations all over the world, however without the same efficiency as the Toyota model. This research is a study case and presents the operational results in a core making process with the partial implementation of Lean Manufacturing concepts and tools and improve proposals to guarantee the results. The main concepts used are: waste reduction and continue flow. It obtained 50,8% reduction on core brakes, 38,8% on cycle time, 64% on lead time and 29% on production costs. Beyond that, 11% increase in productivity and 38% on capacity production. In order to maintain the results, it suggested a higher sensibilization of the team in the new work philosophy and the work routines standardization. The present research concludes that the Lean Manufacturing implementation brings satisfactory results, even when applied in a partial way.

Key-words: Lean Manufacturing; Operational results; Improve proposals.

1. Introdução

Para Wood Jr e Caldas (2007), a competitividade pode ser definida como a capacidade de um sistema – país, setor industrial, grupo de empresas ou uma empresa específica – de atuar com sucesso em um dado contexto de negócios. Em um mercado globalizado, repleto de incertezas, a capacidade de competir em meio às freqüentes variações ambientais é fundamental à sobrevivência das empresas. Consumidores mais exigentes e o intercâmbio de informações faz com que um mesmo produto seja desejado em qualquer lugar do planeta. Essa dinâmica força a competição e obriga as empresas a adaptarem suas estruturas ou saírem do mercado.

Santos, Pires e Gonçalves (1999) afirmam que a dimensão global da competição exige que as empresas administrem a manufatura sob uma perspectiva integrada às estratégias e aos objetivos gerais da organização, envolvendo o desenvolvimento e o desdobramento de seus recursos. Para os autores, a formulação de uma estratégia de manufatura converge para o estabelecimento das prioridades competitivas, entendidas como um conjunto de opções de prioridades que a manufatura tem para competir no mercado. Elas consistem em custo, qualidade, desempenho e flexibilidade.

As empresas que não adaptarem seus sistemas produtivos para a melhoria contínua dos resultados operacionais não terão espaço nesse mercado. Dentro deste contexto, a filosofia da Manufatura Enxuta surge como uma metodologia com foco na redução dos desperdícios, ao mesmo tempo em que aumenta a flexibilidade de produção e garante a qualidade. Segundo Womack e Jones (1998), esta filosofia possibilita às empresas a redução sistêmica dos custos de produção e atender de maneira competitiva as necessidades de seus clientes. Atualmente o sistema de Manufatura Enxuta se destaca em indústrias automobilísticas e seus derivados, bem como indústrias de alto valor agregado como de telefonia e de computadores. Poucas iniciativas vêm sendo introduzidas em indústrias fora do ramo de montagem. Indústrias de alto valor agregado são as que mais aplicam essa filosofia no intuito de reduzir o desperdício de recursos financeiros, uma vez que seus estoques representam um elevado valor em caixa. No entanto estas iniciativas podem ser transferidas para qualquer atividade, inclusive na parte de serviços. Conceitos de valor que atendam às necessidades dos clientes a um preço específico em um momento específico, podem ser perfeitamente introduzidos em qualquer empresa.

Neste contexto, o trabalho apresenta a aplicação de conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta em uma fundição, mais precisamente no setor de macharia, onde a aplicação é praticamente inexistente. O processo de macharia encontra-se no estagio inicial da cadeia produtiva de uma fundição. A falta de produtividade e/ou qualidade comprometem não somente a eficiência do setor como também dos setores clientes subseqüentes, podendo comprometer os resultados da organização. Este trabalho justifica-se ao proporcionar à empresa um estudo para garantir o atingimento dos resultados propostos com a implantação, além de fornecedor um grande aprendizado às empresas do mesmo ramo.

Um estudo realizado em 2010 pela equipe de vendas da empresa estudada apontou que determinada linha de produtos, denominada aqui de linha Alfa, possuía potencial de crescimento de 20% para 2011. Relatórios do departamento de planejamento e controle da produção e materiais (PCPM) apontaram uma restrição no setor de macharia. De posse destes dados, a indagação que originou este estudo foi: a aplicação de conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta no setor de macharia, para a linha Alfa, pode aumentar a produtividade em 20% sem a necessidade de investimentos em maquinário e contratação de mão-de-obra?

2. Metodologia

Este estudo foi realizado em uma fundição da região Norte de Santa Catarina, especificamente no setor de macharia por processo *Hot-Box* para a linha de produtos denominados neste estudo de linha Alfa. O setor engloba as operações de confecção do núcleo de areia, rebarbação manual e transporte até seus clientes diretos: injeção em coquilha automática e manual.

Pode-se classificar esta pesquisa como descritiva, no que diz respeito aos seus objetivos, e estudo de caso, em relação aos procedimentos técnicos. Na primeira etapa, a técnica que se pretende utilizar será a leitura preliminar da bibliografia a respeito dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta, para compreender sua implantação no setor.

Na segunda etapa existe a participação do pesquisador na coleta de dados referentes ao setor antes das implantações dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta por meio das fontes de informação disponíveis na empresa, a análise dos resultados obtidos pós-implantação e a identificação de oportunidades de melhoria para o alcance das metas.

A obtenção de informações foi realizada por meio de análise documental da empresa, observações e respostas dos gestores do setor as perguntas do questionário baseado em Borba (2011) que possibilitou estabelecer indicadores conforme os critérios de desempenho e suas medidas típicas mencionados na teoria.

3. Manufatura enxuta

Após a 2ª Guerra Mundial, a indústria japonesa enfrentava o grande dilema da falta de recursos materiais, financeiros e humanos. Essas condições adversas, segundo Womack e Jones (1998), deram origem ao conceito de Manufatura Enxuta (ME). Com o objetivo de aumentar a produtividade rapidamente, líderes japoneses da *Toyota Motor Company* como Kiichiro Toyoda, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno criaram um sistema novo, disciplinado e orientado por processo, conhecido atualmente como Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta (LIKER, 2005). Taiichi Ohno, a quem foi dada a tarefa de desenvolver um sistema que pudesse aumentar a produtividade da Toyota, é considerado o primeiro pensador deste sistema. Ohno aprimorou diversas idéias praticadas pelas montadoras norte americanas, especialmente de Henry Ford.

A linha de montagem móvel com fluxo contínuo de material de Ford formou a base do Sistema Toyota de Produção. Devido às condições que o Japão enfrentava na época e suas necessidades, Ohno concluiu que o sistema de produção em massa adotado nos Estados Unidos jamais seria tão eficiente em seu país. Após várias experiências, o Sistema Toyota de Produção foi desenvolvido e aprimorado entre 1945 e 1970 e ainda hoje continua crescendo ao redor do mundo. A premissa deste sistema é minimizar os recursos utilizados em um processo produtivo (OHNO, 1997).

Para Womack, Jones e Roos (2004), a Manufatura Enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com o sistema de produção em massa: esforço dos operários, espaço para fabricação, investimento em ferramentas, horas de planejamento para desenvolver novos produtos. O sistema requer também menos estoques, menos defeitos e produção de uma crescente variedade de produtos. Dennis (2007) afirma que o objetivo central é prover qualidade com o mais baixo custo e no menor período de tempo.

Godinho Filho (2004) descreve o sistema da ME como um modelo estratégico e integrado de gestão, que propõe auxiliar a empresa a alcançar seus objetivos de desempenho (qualidade e produtividade) com uma série de princípios (idéias, fundamentos e regras que norteiam a empresa) e capacitores (ferramentas, tecnologias e metodologias).

O objetivo principal da ME, e que tem sido praticado por muitos anos no Japão, é a eliminação dos desperdícios, a redução de custos e o desenvolvimento dos operadores. (OHNO, 1997). A filosofia japonesa de fazer negócios é totalmente diferente daquela praticada por muitos anos pelas indústrias americanas. Na visão tradicional de negócios a única maneira de se obter maior lucro era aumentar o preço de venda para o cliente. A abordagem japonesa, pelo contrario, acredita que o cliente é quem determina o preço de venda. Quanto mais qualidade ou serviço oferecido, mais o cliente pagará por isso (MONDEN, 1998). O Sistema de Manufatura Enxuta visa todas as atividades que compõem o custo final do produto, eliminando desperdícios para reduzir o custo, gerar capital, aumentar vendas e manter a competitividade em um mercado global crescente (HINES e TAYLOR, 2000).

Para Liker (2005), quando se analisa o processo de produção pela perspectiva do cliente (tanto interno, dos próximos passos da linha de produção, quanto o cliente externo final), surge a questão: o que o cliente quer com esse processo? Para o autor, isso define valor. Tudo aquilo que é produzido e que o cliente não quer, e por sua ótica não tem valor, pode ser considerado desperdício.

Carreira (2005) afirma que valor é um dos princípios fundamentais do Sistema de Manufatura Enxuta. Todo valor é definido pelo ponto de vista do cliente. Ao se questionar se determinada atividade contribui para que o produto do cliente torne se mais completo e se o cliente está pagando para que tal atividade ocorra, a resposta para tais perguntas nos leva a dois termos do sistema enxuto: agregar valor e não agregar valor.

Nas empresas de manufatura, Hines e Taylor (2000) afirmam que são encontradas três tipos de atividades: atividades que agregam valor, aos olhos do cliente; atividades desnecessárias que não agregam valor e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são nitidamente desperdícios e devem ser eliminadas a curto e médio prazo; atividades necessárias para a produção, mas que não agregam valor. Os autores acrescentam que estes três tipos de atividades são encontrados, em média, na seguinte proporção: 5% de atividades que agregam valor; 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias; e 60% de atividades que não agregam valor.

Shingo (1997) e Monden (1998) enumeram alguns tipos de desperdícios encontrados nas empresas: material; estoque; excesso de produção; trabalho; complexidade; energia; espaço; defeitos; transporte; tempo; movimento desnecessário. Todas as fontes de desperdícios são relacionadas e eliminando uma fonte pode-se eliminar ou reduzir outras perdas. Talvez a perda mais significativa seja a dos estoques altos. Material em estoque não agrega valor ao produto. Quando estoques são reduzidos, problemas aparecem e ações podem ser tomadas. Uma das maneiras de se reduzir os estoques é reduzindo os lotes de produção. Entretanto a redução do tamanho de lote deve ser seguida pela redução do tempo de troca de ferramenta para se manter o custo unitário de produção constante. (SHINGO, 1997). Isso tem um grande efeito na redução dos lotes. Outra maneira é minimizar os tempos de parada de maquinas através da manutenção preventiva. Espaços utilizados para estoques podem ser utilizados, por exemplo, para aumentar a capacidade produtiva da planta.

O segundo princípio da ME conforme Carreira (2005) é o da cadeia de valor. A cadeia de valor é todo o círculo de atividades, desde o contato inicial do cliente até o pagamento de um produto que está sendo entregue. Uma análise profunda da cadeia de valor do negocio permite uma visão diferente de onde estão as oportunidades e que prioridade cada oportunidade deve ter.

Em seguida vem os princípios do fluxo contínuo e da produção puxada. Para Carreira (2005), fluxo no estado ideal, simplesmente implica numa seqüência de atividades sem

interrupções, paradas, desvios ou retornos. O conceito de produção puxada significa que deve ser produzido apenas quando é requisitado para produzir, não antes. Isso implica em um sistema alinhado com a demanda do cliente.

Para que esses princípios possam ser implementados em uma organização, eles devem ser conduzidos pelo nível de gestão mais alto da empresa e compartilhados por todos os indivíduos da companhia. Carreira (2005) afirma que não se trata de seguir uma metodologia, deve ser cultura da organização. A eliminação dos desperdícios é o ingrediente principal para sobrevivência das empresas nos dias atuais. As empresas devem lutar para oferecer produtos com alta qualidade, baixo custo e com o menor tempo de entrega.

4. Fabricação de machos – processo *hot-box*

Os machos são fabricados através do processo de cura a quente, ou *hot-box*, em um molde ou caixa de macho, dividido em duas partes. Unem-se as partes e injeta-se a mistura de areia e resina no molde aquecido. O calor ativa o catalisador presente no ligante, que inicia o processo de endurecimento. O endurecimento acontece mesmo após a retirada do macho da caixa de macho, pois o processo acontece de fora para dentro. O equipamento utilizado para injetar a areia na caixa de macho chama-se sopradora de machos, que pode ser manual ou automática. A pressão para injeção da areia varia de 650 a 700 kPa. O molde é aquecido por gás, à temperatura de 250 a 300° C.

Operar com a temperatura inadequada pode não curar a resina ou queimá-la totalmente, tornando o macho de areia frágil. Normalmente uma solução de silicone é utilizada para extrair os machos. Para machos com fina seção, o tempo de cura varia de 5 a 10 segundos. À medida que aumenta a seção, deve-se aumentar o tempo de cura (BROWN, 2000).

O processo *hot-box* foi o primeiro processo de macharia desenvolvido por resina de alta velocidade. É utilizado por produzir machos com boa dureza superficial, força em seções finas e excelente propriedade de quebra quando fundido.

5. Avaliação de desempenho organizacional

De acordo com Reifschneider (2008 apud Drucker, 1989) toda organização corre o risco de permanecer em um estado medíocre. Desta maneira, sua sobrevivência depende da busca por alto desempenho. Ainda segundo a autora, o desempenho é o balanço de sucessos e insucessos. O objetivo da avaliação de desempenho de uma organização é demonstrar qualidade, permitir a melhoria dessa qualidade e encorajar riscos para a elevação de padrões. Segundo o autor os quatro principais benefícios com as avaliações de desempenho são: maior alinhamento entre metas; melhora no processo supervisorio; melhora na comunicação entre funcionários; maior abrangência do próprio processo de avaliação.

Carpinetti e Cardoza (2005 apud Neely, 1998) afirmam que a avaliação de desempenho de uma organização é necessária para motivar o progresso e o comprometimento dos funcionários com as mudanças ou projetos de melhoria que são implantados. Para Martins e Neto (1998), o primeiro passo para se medir o desempenho de uma empresa é estabelecer os indicadores de desempenho. Os autores destacam que os indicadores são um meio para auxiliar a gestão e não um fim em si mesmos. Eles são úteis para que o sistema de gestão possa controlar e identificar necessidades, e assim promover as melhorias. Pode se definir indicadores para cada área-chave do negócio: clientes, mercados, produtos, processos, fornecedores, recursos humanos, acionistas e sociedade. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de indicadores para medição do desempenho da empresa em relação a um objetivo principal.

Objetivo	Meios	Indicadores de desempenho
Clientes	Preço Qualidade Rapidez de entrega	Preço de venda do varejo em relação à concorrência Nível de satisfação dos clientes Nº de lançamentos de produtos no ano
Empregados	Moral Higiene e segurança Crescimento profissional	Turnover, absenteísmo Nº de acidentes Horas gastas com treinamento
Fornecedores	Parceria Volume de transações Preço de compra	Nº de pedidos recebidos Participação do fornecedor no total gasto Preço do item em relação a concorrência
Acionistas	Dividendos Valorização do valor do patrimônio	Lucro Valorização da ação no período

Fonte: adaptado de Carpinetti e Cardoza (2005)

Tabela 1 – Exemplos de indicadores

6. Controle de desempenho em um sistema de manufatura

Para Sellitto e Walter (2005 apud Bitici, 2001) os sistemas de avaliação de desempenho tradicionais, baseados unicamente em resultados financeiros, não são capazes de desdobrar objetivos de negócios em objetivos de manufatura.

Carpinetti e Cardoza (2005 apud Neely, 1998) afirmam que esses modelos de avaliação são limitados para gerenciar os negócios, com a pressão enfrentada pelas empresas com as mudanças tecnológicas e as forças de mercado – demanda e competitividade. Considerando os desafios atuais das empresas como demanda variável, baixos estoques, ciclos de vida dos produtos menores, etc, os autores sustentam que será cada vez mais necessário utilizar métodos para desenvolver indicadores de desempenho flexíveis e dinâmicos que se adaptem as mudanças dos sistemas de manufatura.

Slack *et al.* (1997) enumera cinco indicadores ou critérios de desempenho da manufatura que podem ser vistos como as dimensões do desempenho global que satisfazem os consumidores: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Desta maneira, o autor corrobora com Liker (2005) e Carreira (2005) e o princípio fundamental da Manufatura Enxuta: foco ao que gera ou não valor pela perspectiva do cliente.

7. Critérios de desempenho pela perspectiva do cliente

Conforme Tubino (2000), para que uma organização possa manter a fidelidade de seus clientes frente a acirrada concorrência e obter vantagens competitivas, os critérios de desempenho (Tabela 2) adotados devem refletir as necessidades de seus clientes.

Critério	Descrição
Qualidade	Ter melhor qualidade que a concorrência.
Flexibilidade	Ser capaz de reagir de forma rápida a eventos repentinos e inesperados.
Confiabilidade	Produtos com desempenho conforme o especificado.

Velocidade	Velocidade nos prazos de entrega, melhores que a concorrência.
Custo	Produzir a um custo mais baixo que a concorrência.

Fonte: Tubino (2000)

Tabela 2 – Descrição dos critérios de desempenho

Teixeira e Paiva (2005) explicam, de maneira sucinta, que o critério de qualidade significa fornecer um produto com qualidade acima do padrão de mercado ou que apresente características que não estão presentes nos outros produtos. Os autores ponderam dois aspectos no critério flexibilidade: flexibilidade de produto e volume. O primeiro aspecto considera a produção de produtos não padronizados e o pioneirismo em novos lançamentos. A produção de produtos customizados com os benefícios semelhantes ao da produção em massa seria a flexibilidade levada ao extremo. A flexibilidade de volume refere-se a capacidade de acelerar ou desacelerar a produção rapidamente.

No critério de confiabilidade, Teixeira e Paiva (2005) fazem uma distinção entre a confiança em que o produto irá funcionar conforme as especificações e a confiança em que o produto será entregue no prazo prometido. Para Slack *et al.* (1997) o critério de velocidade está relacionado a quanto tempo o cliente precisa esperar para receber seu produto. O critério de custo, segundo Teixeira e Paiva (2005), visa à redução dos custos de produção como matéria-prima, mão-de-obra e instalações para oferecer produtos a preços menores.

8. Resultados e discussões

O projeto de implantação dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta na empresa estudada foi iniciado em setembro de 2010 com uma equipe multidisciplinar envolvendo profissionais de diversos setores como: Processos Metalúrgicos, Engenharia de Processos, Engenharia de Produtos, Ferramentaria, Manutenção e Melhoria Contínua. O cronograma definido para encontro desta equipe era de quatro semanas sendo uma semana para planejamento, duas semanas para execução e uma semana para verificação das ações implantadas. As ações de replicação ou que não puderam ser concluídas dentro deste prazo ficaram sob a responsabilidade dos gestores do setor. Para esta pesquisa, os principais resultados apresentados são de doze meses após a implantação dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta.

Primeiramente o índice geral de quebra era de machos era de 28,5%. Com melhorias focadas na armazenagem e transporte das caixas de macho foi possível reduzir em mais de 50% das quebras por movimentação. A implantação do fluxo contínuo contribuiu para a redução de quebras e do tempo de ciclo. Houve redução de 40% no tempo médio de ciclo de 2011 em relação a 2010.

Com as melhorias no setor e a revisão dos métodos de trabalho conseguiu-se, através da aplicação de conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta, reduções acima de 30% nos tempos de ciclos, o que implica um acréscimo na produção. A medida definida pela Direção da empresa a ser utilizada é de peças por homem/hora. Houve um acréscimo de 11% na produção média de 2011 em relação a 2010. A partir de agosto de 2011 observa-se uma tendência de crescimento.

O aumento da capacidade de produção do setor pode ser calculado pelo ganho de horas/mês com a redução de quebra dos machos e pelo aumento de produtividade na rebarbação com a redução dos tempos de ciclo. Com as melhorias implantadas no setor houve um aumento de produção de 38.525 peças, ou seja, um aumento de 55% da capacidade de produção.

Observou-se uma redução no *lead time* de 63% em 2011 em relação a 2010, com a eliminação dos estoques entre os processos e implantação do fluxo contínuo. Para o cálculo do custo direto de fabricação, considerou-se apenas o custo hora da macharia *hot-box* e as produções horárias dos itens antes e depois da implantação dos conceitos da Manufatura Enxuta. Como há uma variação mensal nos tempos de ciclo, para este cálculo considerou-se a média dos tempos de janeiro a dezembro dos anos de 2010 e 2011. É aceitável a variação dos tempos de ciclo à medida que novos operadores ingressam no setor e operadores experientes com desempenho acima da média são promovidos a outras áreas da empresa ao longo do ano.

Ações implantadas que contribuem indiretamente para o alcance das metas, mas essenciais para a qualidade de produção, organização e gestão do setor também foram importantes. Elas estabelecem um padrão a ser seguido, conhecido por todos, registrado, auxiliando o treinamento de novos operadores que ingressam na macharia. Criou-se um padrão para limpeza do misturado definindo as áreas a serem limpas, o material utilizado, o tempo necessário, a frequência e o responsável. Para minimizar o problema de quebra de machos no transporte definiu-se uma rota de abastecimento para os fornos. Considerou-se o caminho mais rápido, evitando desperdício de tempo e o com o menor número de obstáculos. A rota utilizada pelos movimentadores antes da implantação dos conceitos da Manufatura Enxuta, além de ser mais longa, passava por diversos setores, com grande movimentação. Frequentemente havia caixas de peças e páletes no trajeto, obrigando os operadores a realizarem desvios, e não raro, aconteciam colisões em colunas, equipamentos e caixas ocasionando a quebra dos machos.

Um dos parâmetros mais importantes a serem controlados em uma sopradora de machos é a temperatura do ferramental. A temperatura promove a cura da resina no ponto certo, não deixando o macho quebradiço por pouca cura ou excesso de cura. No painel do equipamento há um controlador de temperatura conectado a ferramenta através de um dispositivo elétrico para medição de temperatura, chamado de termopar. Com a troca constante de ferramentas e o manuseio do termopar, este está sujeito ao rompimento do cabo no seu interior, realizando a medição da temperatura erroneamente, fornecendo um valor abaixo do real. A detecção desta falha está condicionada a percepção do operador na qualidade do macho produzido, o que exige atenção e certo conhecimento técnico. Em muitos casos, a falta de qualidade só é percebida ao iniciar a produção da peça bruta, quando se utiliza os machos nos fornos. Este problema pode ser minimizado realizando uma inspeção diária na medição de temperatura do equipamento. Diante disso, criou-se um *checklist* onde diariamente o operador anota a temperatura mostrada no painel da máquina e o valor lido com um medidor de temperatura manual.

Nas implantações dos conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta a equipe de trabalho percebeu que a mesma atividade era realizada de várias formas, dependendo do turno e do operador. Isso acontecia, pois as instruções, em muitos casos, eram verbais. Os operadores antigos instruíam os operadores novos e detalhes importantes da operação eram esquecidos e que comprometiam o resultado final. Para que todos tenham acesso à informação e realizem a atividade da mesma maneira, criou-se um documento chamado LUP – lição de um ponto. Como regra geral, este documento deve ter apenas uma página, conter fotos e mostrar a forma incorreta e a forma correta de realizar alguma operação da atividade para garantir o resultado final.

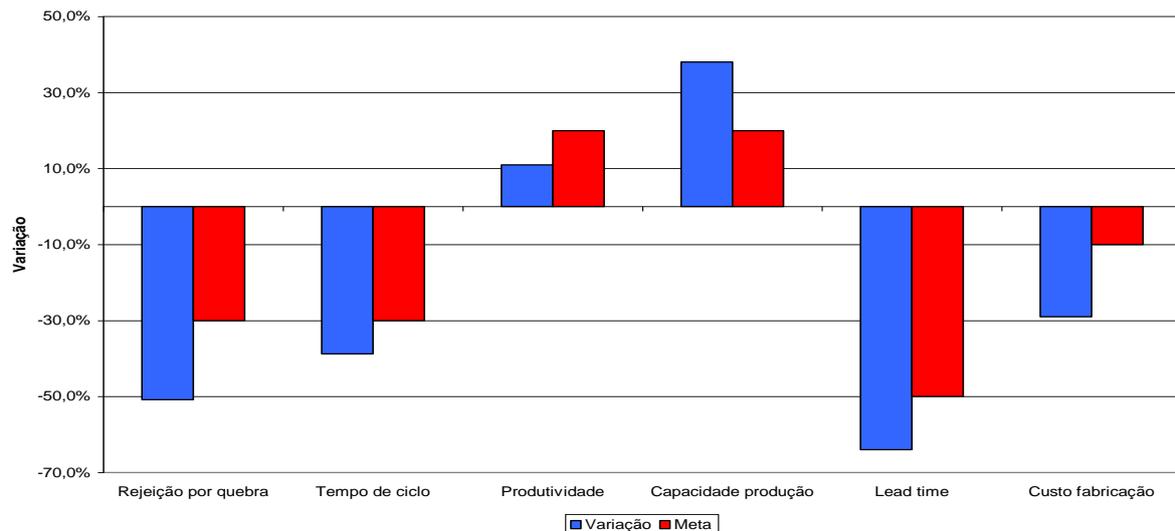
A Tabela 3 relaciona resumidamente os principais problemas encontrados no setor de macharia, os principais conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta aplicados e as melhorias obtidas:

Problema	Ferramenta	Melhoria
Diferenças no método de trabalho entre operadores e turnos	Trabalho padronizado	Redução no índice de quebras na rebarbação Aumento da produtividade
Excesso de machos de areia no setor	Fluxo contínuo	Redução no índice de quebras no transporte
Estoques entre processos devido diferenças no tempo de ciclo	Balanceamento de linha <i>Layout</i> celular Tempo <i>takt</i>	Redução no índice de quebras na armazenagem Redução do <i>lead time</i> Aumento da produtividade
Baixa qualidade na preparação de areia devido limpeza inadequada do misturador	Cinco S	Redução do índice de quebras na confecção
Baixa qualidade na confecção do macho devido falhas na medição da temperatura do molde e quebras constantes do termopar	Manutenção produtiva total	Redução do índice de quebras na confecção Aumento da capacidade de produção

Fonte: Primária (2011)

Tabela 3 – Problemas encontrados e ferramentas utilizadas

O Gráfico 1 relaciona a variação percentual obtida por indicador após a implantação da ME com sua respectiva meta:



Fonte: Primária (2011)

Gráfico 1 – Variação % por indicador x meta estabelecida

9. Propostas de melhoria

Com base nos resultados obtidos, na análise situacional após implantação da Manufatura Enxuta, respostas do questionário e entrevistas com os gestores do setor, foram propostas ações de melhoria.

Uma das dificuldades na implantação da Manufatura Enxuta apontadas no questionário pelos gestores foi a mudança de comportamento com a nova filosofia de trabalho. Houve várias palestras com os operadores para explicar a transição do sistema empurrado para o sistema puxado, porém o conhecimento não era nivelado. Frequentemente produzia-se mais do que o necessário e antes do necessário. A falta de operadores por motivo de férias, atestado, afastamento, ocasionava o desbalanceamento da linha obrigando a interrupção do fluxo contínuo, que durava dias até que todo o material em estoque fosse processado. Mesmo quando um operador era emprestado de outro setor, este não possuía a mesma habilidade que os demais. A rotatividade de operadores no setor também é preocupante. Observou-se que 50% dos operadores que participaram da implantação dos conceitos da ME foram substituídos por razões diversas e perdeu-se a ênfase em treinamentos, por parte dos gestores, do início dos trabalhos.

Sugere-se aqui identificar um operador que tenha liderança na equipe e perfil para ser instrutor. Esta pessoa seria retirada da produção e teria como foco identificar as deficiências e treinar os demais. Periodicamente deveria realizar treinamentos de reciclagem com os operadores antigos e preparar os novos para as atividades. Comprometimento e participação são os pilares para a mudança de filosofia. A preparação de instrutores internos para serem agentes de multiplicação das informações e conceitos torna-se essencial para a sustentação desses pilares.

A falta de gerenciamento das rotinas de trabalho desenvolvidas no setor, principalmente entre os turnos, causa problemas quanto ao controle, rapidez e qualidade. A ausência de padrões gera insegurança no desempenho das funções e passa aos operadores a sensação de desordem.

Segundo Campos (1998) o gerenciamento da rotina de trabalho do dia-a-dia está centrado na perfeita definição da responsabilidade de cada pessoa, na padronização dos processos e trabalhos, na monitoração dos resultados destes processos e sua comparação com o que é esperado, na ação corretiva no processo a partir dos desvios, num bom ambiente de trabalho e na máxima utilização do potencial das pessoas na busca contínua pela perfeição. Para o autor esse processo deve ser conduzido com o máximo de dedicação e prioridade, pois quando o gerenciamento da rotina é implantado, os índices de defeitos caem e as especificações podem ser obedecidas integralmente.

Para os gestores do setor, os padrões criados no início do trabalho tiveram bastante impacto e excelente aceitação dos operadores, evidenciando uma grande necessidade de aprimoramento neste quesito.

Com a proposta de baixo investimento, apenas um item da linha Alfa sofreu intervenção no ferramental para a sopradora de núcleo de areia. Este item foi o que obteve a maior redução de tempo de ciclo. Isso comprova o potencial de ganho existente com as melhorias nas ferramentas. Segundo os gestores, a mesma modificação realizada na ferramenta desse item pode ser realizada nos demais itens. Com o aprimoramento das ferramentas, a rebarbação pode, em alguns casos, ser eliminada completamente ou simplificada, e consequentemente realizada em menor tempo com a alteração de posição do canal de alimentação.

10. Considerações finais

Este estudo teve como objetivo geral analisar os resultados operacionais obtidos em um setor de macharia após a implantação de conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta. O desenvolvimento desta pesquisa permitiu responder ao problema que lhe deu origem, que questiona se a implantação da filosofia da Manufatura Enxuta em um setor de macharia de uma fundição pode incrementar os resultados de produtividade. Baseando-se nos resultados operacionais antes do início do projeto, através da aplicação desses conceitos e ações de baixo investimento, obteve-se redução de 50,8% no indicador de rejeição por quebra de machos. Com a aplicação do fluxo contínuo, padronização do trabalho e balanceamento de linha reduziu-se o tempo de ciclo médio na rebarbação da linha Alfa em 38,8%. Essas duas ações permitiram um ganho imediato de produtividade de 11% e um incremento de 38% na capacidade de produção da linha. Além disso, a implantação do fluxo contínuo permitiu uma redução de 64% no *lead time*. A melhoria desses indicadores possibilitou uma redução média de 29% no custo direto de fabricação.

A oportunidade de realizar esta implementação permitiu um grande desenvolvimento do conhecimento no processo de macharia e principalmente nas práticas enxutas em todos os envolvidos no projeto. O aprendizado ao se aplicar a teoria pesquisada em uma linha de produção real é imensurável. O processo de fundição apresenta complexidade e particularidades não vistas em linhas de produção onde normalmente os conceitos da Manufatura Enxuta são aplicados e se tem conhecimento. As dificuldades encontradas motivam o aperfeiçoamento teórico e incentivam a busca da causa raiz dos problemas em outros setores e processos. Conforme Jones (2010), mostrar o progresso e expor os problemas é muito mais produtivo que guardá-los em um computador. Segundo o autor, o aprendizado prático é uma das bases da transformação enxuta. O ponto principal da abordagem experimental, baseada em evidências, é que todos aprendem fazendo e refletindo.

Ao final desta pesquisa, constata-se que, ao adotar uma nova postura de trabalho e analisar o processo pela ótica do cliente, o desperdício, seja de tempo ou material, torna-se visível. A busca incessante pela sua eliminação traz resultados significativos. É importante ressaltar a necessidade de disseminação da mentalidade enxuta entre os operadores e gestores da organização. Essa mudança comportamental é a base para o sucesso da implantação e a melhoria contínua dos resultados.

Referências

- BORBA, J.A.** *Análise dos Indicadores de Produtividade de duas Indústrias do Setor Moveleiro: Um Estudo de Caso Múltiplo*. Dissertação para o Mestrado de Engenharia de Produção. SOCIESC. Joinville, 2011.
- BROWN, J.** *Foseco Ferrous Foundryman's Handbook*. 11 edition. Butterworth Heinemann, 2000.
- CARPINETTI, L. C. R., CARDOZA, E.** *Indicadores de Desempenho para o Sistema de Produção Enxuta*. Revista Produção Online. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 08 de outubro de 2011.
- CARREIRA, B.** *Lean Manufacturing that Works: Powerfull Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. Amacom Books: New York, 2005.
- DENNIS, P.** *Lean Production Simplified*. Productivity Press: New York, 2007.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F.** *Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras*. Gestão & Produção [online]. 2004. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 13 de outubro de 2011.
- HINES, P; TAYLOR, D.** *Guia para Implementação da Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing*. São Paulo: Imam, 2000.
- JONES, D.** *O que faz o Lean funcionar?* Lean Institute Brasil. 2010. Disponível em <<http://lean.org.br>>. Acessado em 06 de abril de 2012.

LIKER, J. K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.* Porto alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, R.A., NETO, P. L. *Indicadores de Desempenho para a Gestão da Qualidade Total: Uma Proposta de Sistematização.* Gestão & Produção [online]. 1998. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 08 de outubro de 2011.

MONDEN, Y. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time.* Norcross – Georgia, EMP Books, 1998.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.* Bookman Editora: Porto Alegre, 1997.

REIFSCHNEIDER, M. B. *Considerações sobre Avaliação de Desempenho.* Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v. 16, n. 58, Mar. 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 11 de outubro de 2011.

SANTOS, F; PIRES, S. R.; GONÇALVES, M. *Prioridades Competitivas na Administração Estratégica da Manufatura: estudo de casos.* RAE – Revista de Administração de Empresas [online]. 1999. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 17 de setembro de 2011.

SELLITO, M. A.; WALTER, C. *Medição e Pré-Controle do Desempenho de um Plano de Ações Estratégicas em Manufatura.* Gestão & Produção [online]. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 08 de outubro de 2011.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.* 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N. *et al. Administração da produção.* São Paulo: Atlas, 1997.

TEIXEIRA, R., PAIVA, E. L. *Análise dos Trade-offs Operacionais a partir da Ótica do Cliente: O Caso de Serviços de Acesso à Internet.* XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção. Porto Alegre. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 15 de outubro de 2011.

TUBINO, D. F. *Manual de Planejamento de Controle da Produção.* 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WOOD JR, T.; CALDAS, M. *Empresas brasileiras e o desafio da competitividade.* RAE – Revista de Administração de Empresas [online]. 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acessado em 19 de setembro de 2011.

WOMACK, J P.; JONES, D. T. *A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas.* Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A Máquina que Mudou o Mundo.* 3ª ed. Campus: Rio de Janeiro, 2004.