

MELHORIA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL COM FILOSOFIA KAIZEN: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA

IMPROVING OPERATIONAL EFFICIENCY WITH KAIZEN PHILOSOPHY: A CASE STUDY IN A METALLURGICAL COMPANY

Rafael Luiz Santos¹ Fernanda Cristina Pierre²

RESUMO

O sucesso de uma organização deve-se à busca pela excelência empresarial que tem evidenciado a evolução da satisfação das pessoas, do preparo das lideranças, da eficiência operacional e da cultura empresarial, baseado em um sistema que visa elevar a gestão, os processos e os produtos ao nível de excelência, a partir da melhora na capacitação de todos os empregados da empresa. Diante disso, as organizações aplicam em seus processos o conceito da filosofia *Lean* através da metodologia *Kaizen* de busca contínua e gradual da melhoria na empresa e na vida pessoal, inspirada na gestão do Sistema Toyota de Produção Enxuta. Para tratar de conhecer essa metodologia, esse trabalho teve como objetivo demonstrar a aplicação de um evento *Kaizen* para melhorar a eficiência operacional dos operadores de um setor o qual atingia os resultados propostos, e como objetivo específico analisar como a aplicação desta metodologia promove mudanças significativas e pode ser aplicada com sucesso em qualquer tipo de organização, proporcionando retornos significativos à empresa e aos seus empregados. O estudo foi realizado no ambiente de produção de uma empresa metalúrgica, por meio de um levantamento de dados de processos e de operações de produção. Concluiu-se que após a realização do *Kaizen*, implementou-se com sucesso, uma linha de produção sequenciada, que resultou em uma melhor eficiência dos operadores, incentivando uma cultura de expressão em que os empregados apresentaram soluções e inovações ao produto e aos processos operacionais, e obteve resultados satisfatório, de forma progressiva, visando sempre a melhoria contínua.

Palavras-chave: *Kaizen*. Melhoria Contínua. Processo. Resultados.

¹ Graduando em Tecnologia de Produção Industrial pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. José Italo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: rafael_fa25@hotmail.com

² Professor Associado pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Unesp, Mestre em Energia na Agricultura pela Unesp e Doutor em Ciência Florestal pela Unesp. Av. José Italo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004. E-mail: fpierre@fatecbt.edu.br

ABSTRACT

The success of an organization should be the pursuit of business excellence which has shown the evolution of people's satisfaction, the preparation of leaders, operational efficiency and business culture based on a system which aims at raising the management, the processes and the products to excellence from the improvement in the training of all employees. Thus organizations apply in their cases the concept of Lean philosophy through Kaizen methodology which pursues continuous and gradual improvement for enterprises as well as for personal life, inspired on the management of Toyota Lean Production System. In order to learn about methodology, this study aimed to demonstrate the application of a Kaizen event to improve operational efficiency of operators in a sector which did not reach the proposed results and analyze how specific the application of this methodology promotes significant changes and can be successfully applied to any type of organization, providing significant benefits to the company as well as to its employees. The study was conducted in the production section of a metallurgical enterprise by means of data collection processes and production operations. It was concluded that after completion of the Kaizen event, a sequenced production line was successfully implemented resulting in a better efficiency of operators by encouraging a culture of expression in which employees offer solutions and innovations to the product and to operational processes showing satisfactory results in a progressive manner and always seeking continuous improvement.

Keywords: Kaizen. Continuous Improvement. Process. Results.

1 INTRODUÇÃO

As organizações se encontram em um ambiente de grande competitividade. Diante disso, tem-se a incessante busca por diferenciais competitivos que, muitas vezes, são obtidos por meio de melhorias no processo. A excelência empresarial, ao longo dos últimos anos, tem sustentado a competitividade das empresas e ampliado suas capacidades de responder aos desafios do mercado, como a retração da demanda, o aumento de custos e o acirramento da concorrência. Para Slack e Lewis (2009), as organizações aspiram desenvolver e melhorar as suas operações com maior frequência.

Segundo Torres Júnior e Miyake (2011), o desenvolvimento de um processo gerencial requer, necessariamente, o empreendimento de um esforço sistemático para projetar e implantar sistemas de medição e avaliação de desempenho. Isso significa que a medição e a avaliação da eficiência, eficácia, efetividade, qualidade, produtividade, inovação, lucratividade são parte integrante dos sistemas de suporte ao processo de gestão, que busca a competitividade.

A eficiência operacional é, portanto, uma iniciativa fundamental de todo o sistema, que pode significar à empresa estar no mercado ou encerrar as suas atividades. Melhoria na área operacional envolve a adoção de estruturas organizacionais flexíveis que permitam o fluxo da rede de informação. Catelli (2001) afirma que a eficiência é o processo pelo qual a organização maximiza seus fins com uso mínimo de recursos; diz respeito ao método e ao modo certo de fazer as coisas. O envolvimento de outros agentes, como os fornecedores, distribuidores e clientes, na melhoria da cadeia de suprimentos, também se traduz em maior eficiência operacional o processo de fabricação de um determinado produto.

Para definir um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa, surgiu a filosofia *Lean*, também conhecida como Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção, através de estudos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e pioneiramente introduzidas pelo engenheiro chefe da Toyota Taiichi Ohno. De acordo com Liker (2004), a Toyota desenvolveu seu sistema de produção em um ambiente pós-guerra em uma época em que enfrentava condições empresariais diferentes das maiores concorrentes, e seu mercado era reduzido.

Para Werkema (2011), a Produção Enxuta surgiu como um antídoto para fazer cada vez mais com cada vez menos, com o objetivo de oferecer aos clientes o que eles realmente desejam no tempo que necessitam. Produção Enxuta é uma iniciativa que

busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e para a empresa. O fluxo de valor é a realização progressiva de tarefas ao longo da cadeia de valor para que um produto passe da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria-prima às mãos do cliente.

Cagliano et al. (2005) ressalta que a estratégia de manufatura deve se adequar constantemente as mudanças de demanda no mercado, competição, progresso tecnológico ou a própria estratégia competitiva. A manufatura deve ser vista como capaz de influenciar a estratégia corporativa e as suas capacitações devem ser desenvolvidas e exploradas pro ativamente como um diferencial competitivo, tornando as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes e ainda conseguir desenvolver, produzir e distribuir produtos com menos esforço humano, espaço, recursos, tempo e despesas globais.

A tecnologia dos processos de fabricação, especialmente em sistemas flexíveis de manufatura, viabiliza significativamente o emprego de peças em produtos de diferentes áreas, que têm como principal característica a capacidade de agregar funções de diversos componentes numa só estrutura (YAU; MENQ, 1992).

Para Ferrante (2002), a fabricação de peças metálicas envolve projeto, seleção de um material adequado e de um método de fabricação para atender os requisitos de serviço. As seleções são feitas não somente com base em requisitos técnicos, mas também com base nas considerações econômicas, minimizando os custos para que o produto possa ser competitivo no mercado.

De acordo com Souza (2011), o projetista de produtos ou engenheiro de projetos especifica as formas, dimensões, aparência, e o material a ser usado no produto. Primeiro são feitos os protótipos do produto. Evidentemente, vários fatores devem ser considerados quando se escolhe um processo de fabricação. Um fator muito importante na produção de peças primárias é o processo de “desempeno” cuja função é fazer a correção dimensional por um processo manual de uma peça previamente conformada ou usinada com a finalidade de dar a ela o contorno e o assentamento especificado.

Como toda e qualquer empresa, há necessidade de um recurso primordial sem o qual não é possível sobreviver, pois é ele quem faz o produto: Mão-de-obra.

Mediante esta importância, a mão-de-obra é algo que sempre está em foco, sendo ela muitas vezes relacionada a *Kaizen*’s de melhoria contínua, visando o aumento da produtividade, eliminação desperdícios e a redução de custos, garantindo a qualidade total do produto.

De acordo com Imai (2007), a palavra *Kaizen* implica melhoria que envolve gerentes e trabalhadores, e relativamente poucas despesas. Para Ortiz (2010), o *Kaizen* consiste numa ferramenta poderosa para envolver a organização e concentrar as pessoas nas melhorias globais dessa organização.

Segundo Heckl e Moormann (2010), existem numerosos conceitos disponíveis para melhoria de processos, dentre os quais o *Kaizen*. Tal ferramenta de origem japonesa se tornou um termo bastante comum em qualquer nacionalidade para àqueles que trabalham em corporações multinacionais ou em gestão da produção ou em empresas que aplicam o Sistema Toyota de Produção ou Manufatura Enxuta.

Segundo Laraia et al. (2009), *Kaizen* é um processo onde os participantes não só planejam, e sim limpam o equipamento, movimentam maquinário, por isso é reconhecido como um método essencialmente de “botar a mão na massa”. Sua aplicação visa promover mudanças significativas, facilmente visíveis, buscando de forma intensiva a eliminação dos desperdícios, através de melhorias propostas e implantadas por todos os colaboradores. Para Ortiz (2010), a duração do evento *Kaizen* varia de acordo com a área, metas, porém, tradicionalmente dura cerca de cinco dias. Vale destacar que para o sucesso do evento é preciso que os procedimentos e os objetivos estejam claros e bem planejados para todos da organização, assim como a equipe escolhida esteja disposta a implementar as mudanças.

A mudança de um ambiente organizacional não é uma tarefa simples, bem como implica na escolha de uma ferramenta adequada para busca de melhorias. Para Imai (2005), o *Kaizen* inicia com a identificação ou o reconhecimento de um problema. O primeiro passo dado é o reconhecimento da organização que existe problema a ser resolvido no seu processo produtivo.

Levando em conta este contexto, o objetivo deste artigo foi demonstrar a realização de um evento *Kaizen* em um setor de uma empresa metalúrgica que produz peças e componentes aeronáuticos, com a finalidade de “melhorar a eficiência operacional” dos operadores de um setor de produção, onde não atingia os resultados propostos.

Tendo isto em vista, a principal melhoria proposta foi de implantar uma linha de produção sequenciada, possibilitando o aumento da produtividade, redução do *lead time* e a eliminação da movimentação excessiva dos operadores do setor onde é realizado o processo de desempenho de peças primárias. As atividades tendem a melhorar e sequenciar o fluxo contínuo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Estudo de caso na empresa metalúrgica

O estudo de caso foi realizado em uma empresa metalúrgica de origem brasileira, que é responsável pela realização das atividades de fabricação de peças primárias e montagem de estruturas para aeronaves, no período de dezembro 2013 a março 2014.

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo foi de caráter exploratório e do tipo qualitativo, sendo o objetivo mostrar a filosofia e a implementação de um evento *Kaizen* em um setor de fabricação de peças aeronáuticas de uma empresa metalúrgica, promovendo mudanças relevantes, mensurando os resultados obtidos e os benefícios para a organização do processo.

2.2 Evento *Kaizen*

O evento *Kaizen* na empresa em estudo foi realizado no setor de “desempeno de peças primárias”, que é a sequência após a conformação de peças prensadas. Neste local, ocorre o procedimento de desempenar, cujo objetivo é de conferir e ajustar parâmetros de projetos que não foram obtidos com o processo de prensa como, por exemplo, ângulo das dobras, linha de sistema e a planicidade das peças.

O evento foi elaborado a fim de melhorar a eficiência operacional dos colaboradores, aumentando a produtividade, reduzindo a movimentação dos operadores e diminuindo o *lead time* (tempo entre o momento de entrada das peças até à sua saída) no setor. No acompanhamento da produção feito diariamente, este setor não atingia os resultados propostos quanto a indicadores de produtividade e *lead time*, devido à complexidade de algumas peças que impactavam o fluxo contínuo e o atraso na produção. Para realização do *Kaizen*, foi elaborada uma equipe com treze colaboradores de diversas áreas, formada por um líder e colíder responsáveis pela realização do trabalho, sete colaboradores da produção do setor de desempenho e os demais pertencentes a outros locais de apoio como logística, engenharia e planejamento.

Para a obtenção de um planejamento bem estruturado do evento, a equipe utilizou a ferramenta da folha A3 de estratégia e na Tabela 1 estão às informações do projeto.

Tabela 1 - Folha A3: Informações do projeto

Projeto: Implantação de uma linha de produção no setor de desempenho	
<p>I. Cenário Atual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As peças chegam ao setor de desempenho com objetivo de conferir e ajustar parâmetros de projetos que não foram obtidos com o processo de conformação, como por exemplo, ângulo das dobras e linha de sistema das peças. São 16 pessoas divididas em dois turnos realizando o processo de desempenho de peças de alumínio. 	<p>III. Fluxo do processo e Informações:</p> <pre> graph TD A[Separar peças e documento] --> B[Conferência de Peças e documento] B --> C[Pegar ferramental] C --> D[Executar Desempeno (ajustar ângulo, linha de sistema, desempenar e dar acabamento)] D --> E[Verificar peças] E --> F[Assinar Documentação / passar Fluxo] </pre>
<p>II. Problemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em encontrar as peças estocadas no setor. • <i>Layout</i> não permite uma produção em linha. • <i>Lead time</i> do setor não atende a meta. • Peças complexas e simples seguem o mesmo caminho de desempenho. • Acumulo de peças na fila. • Peças mais complexas ficam paradas mais tempo. • Movimentação excessiva de operadores para utilização das máquinas 	<p>IV. Melhorias propostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema em linha • Dividir as peças em simples e complexas para serem executadas • Mudar a forma de recebimento das peças do fornecedor • Eliminar refluxo dentro do desempenho • Reduzir movimentação dos operadores

A folha A3 contém todas as informações necessárias para a execução do projeto, bem como o foco da melhoria contínua para realização das propostas.

Após levantamento dos dados, a equipe decidiu implantar uma linha de produção sequenciada, como foco principal do evento para realização das melhorias propostas.

Para tanto, foram separados cinco dias chamados pela organização como *Semana Kaizen*, da abertura até a apresentação final dos resultados, sendo distribuídos de forma estratégica para que os objetivos fossem alcançados com satisfação, contando com o apoio da direção geral e todos os setores da empresa.

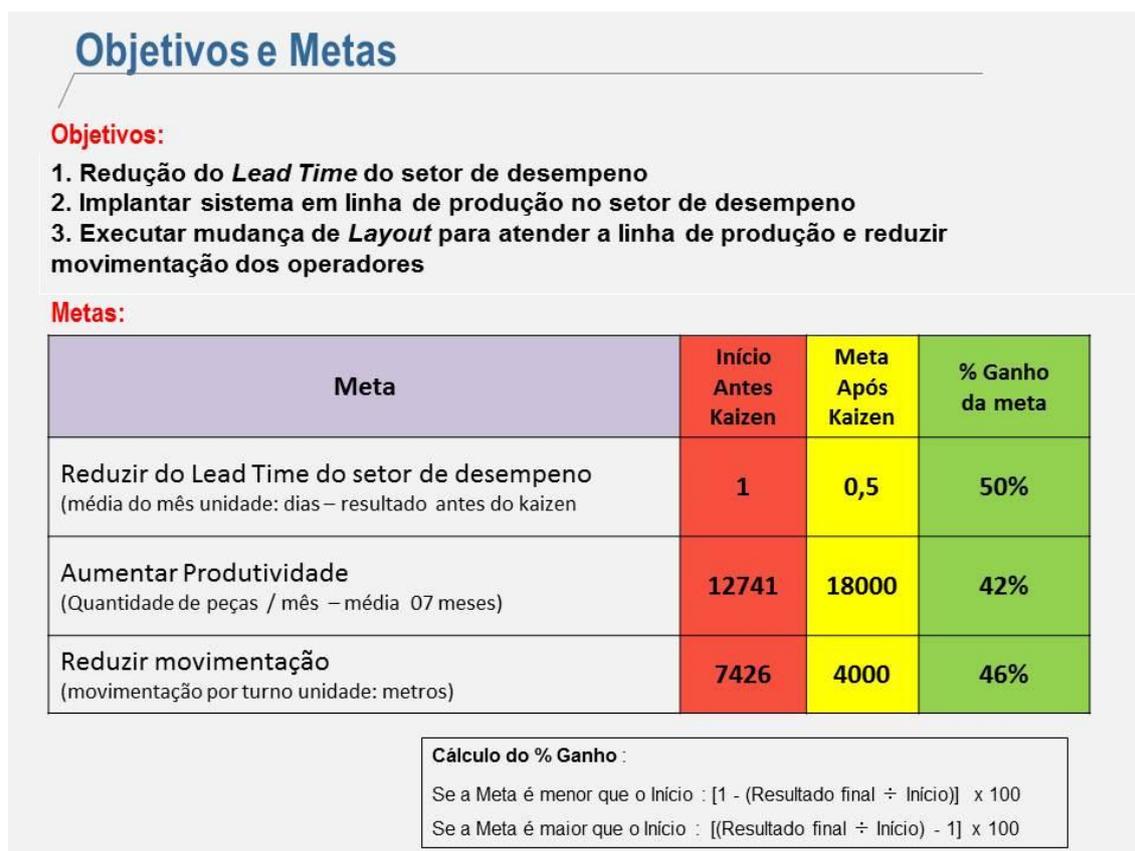
Dia um

O primeiro dia foi marcado com a abertura da *Semana Kaizen* pela alta direção e todos os chefes de cada seção da organização, juntamente com todos os colaboradores da equipe. Foram apresentadas todas as informações do projeto, a equipe, os objetivos estabelecidos para os cinco dias e a imagem do setor antes e após o *Kaizen*. Em seguida,

foram expostas, pelo líder do *Kaizen*, as propostas estabelecidas com os objetivos e metas serem alcançados.

Na Figura 1, é exposta a situação de início antes do *Kaizen* e a meta a ser alcançada após realização do evento.

Figura 1 - Objetivo e metas



Foi realizada a avaliação dos objetivos, propondo uma meta para a redução do *lead time* do setor de desempenho de 50%, aumento da produtividade de 42% e redução de movimentação para 46%. As metas deverão ser alcançadas no período de três meses após a realização do *Kaizen*.

Dia dois

No segundo dia, com base na análise dos objetivos e metas ilustrados na Figura 1, todos os colaboradores da equipe se reuniram para analisar o *lead time* do setor. Devido ao processo ser feito de forma manual, não existia um fluxo claro tanto na divisão física da área quanto na forma de trabalho, faltava padronização no método de fabricação das peças para poder atuar em linha. Todas as peças recebidas eram

guardadas em prateleiras ou câmara fria e depois selecionadas para serem desempenadas, assim algumas peças pequenas e de fácil desempenho ficavam difíceis de serem encontradas, e assim, permaneciam muito tempo no setor.

Para que as peças não permanecessem paradas por muito tempo no setor, foi realizada uma melhoria no recebimento e no armazenamento de guarda das peças. Apenas as peças maiores e as mais complexas serão guardadas, portanto, as de tamanho médio e pequeno irão direto para linha simples, facilitando e reduzindo o tempo de procura, melhorando o fluxo e ganhando mais tempo de produtividade.

Dia três

No terceiro dia pela manhã, a equipe começou a implementação das melhorias proposta no dia anterior. No período da tarde, foi analisada a adequação do *layout* para funcionar em linha. A área total do setor é de 290m², a decisão de onde alocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoas é recomendável a qualquer tipo de empresa. Essa mudança relativamente pequena na localização de uma máquina ou no fluxo dos operadores pode afetar a eficácia geral da produção e principalmente os custos.

No processo de fabricação, um dos itens mais relevantes é o fluxo. A situação ideal é que haja um fluxo linear e contínuo o qual possibilitará economia de tempo e custos com as movimentações dos produtos. Quando a situação onde o fluxo de produtos não é contínuo, geralmente elevados custos são associados com os deslocamentos e possíveis danos nas peças.

Neste caso, a equipe decidiu que os equipamentos ficariam dispostos de acordo com a sequência de fabricação do produto, situando-se um após o outro, o que facilita o controle do processo e minimiza o manuseio de materiais.

A instalação de novos pontos de energia, ar comprimido e pontos de rede para os computadores foram algumas melhorias necessárias realizadas pela equipe de manutenção, com isso, possibilitou a adequação do *layout* em formato de linha, reduzindo a movimentação dos operadores e tornando o fluxo sempre contínuo.

Dia quatro

No quarto dia, a equipe teve como foco principal reduzir a movimentação excessiva dos operadores e iniciou com a continuidade da implementação das melhorias no *layout* e, com base neste propósito, foi criada uma rampa entre as bancadas,

próximas aos operadores, para que eles pudessem colocar as peças que fossem executadas sem a necessidade de se movimentar. Foi criado também um dispositivo tipo dobradiça, que permite recolher a máquina de cortar orelha (sobre metal da peça) enquanto ela não estiver em uso, aumentando assim a área livre sobre a bancada para dar acabamento.

A ação de mudança de *layout* também contou com o apoio da filosofia “5S” para organização da área, limpeza, marcação dos itens no piso da fábrica, eliminação de itens desnecessários e uma visualização ampla dos itens importantes que estavam em falta e ou em manutenção. Os armários de ferramentas foram adaptados em baixo das bancadas em forma de gavetas para facilitar o uso, sem que o operador se desloque.

Com a implementação das melhorias de alteração de *layout*, a movimentação total dos operadores reduziu para 3500 metros/turno e obteve uma liberação de 30,75m² de área útil.

A equipe também definiu o alinhamento dos operadores, selecionando os operadores mais experientes na linha complexa e os com menos experiência na linha simples. Para finalizar o dia, ambas as linhas de produção começaram a funcionar para evento teste e correção de alguns erros.

Dia cinco

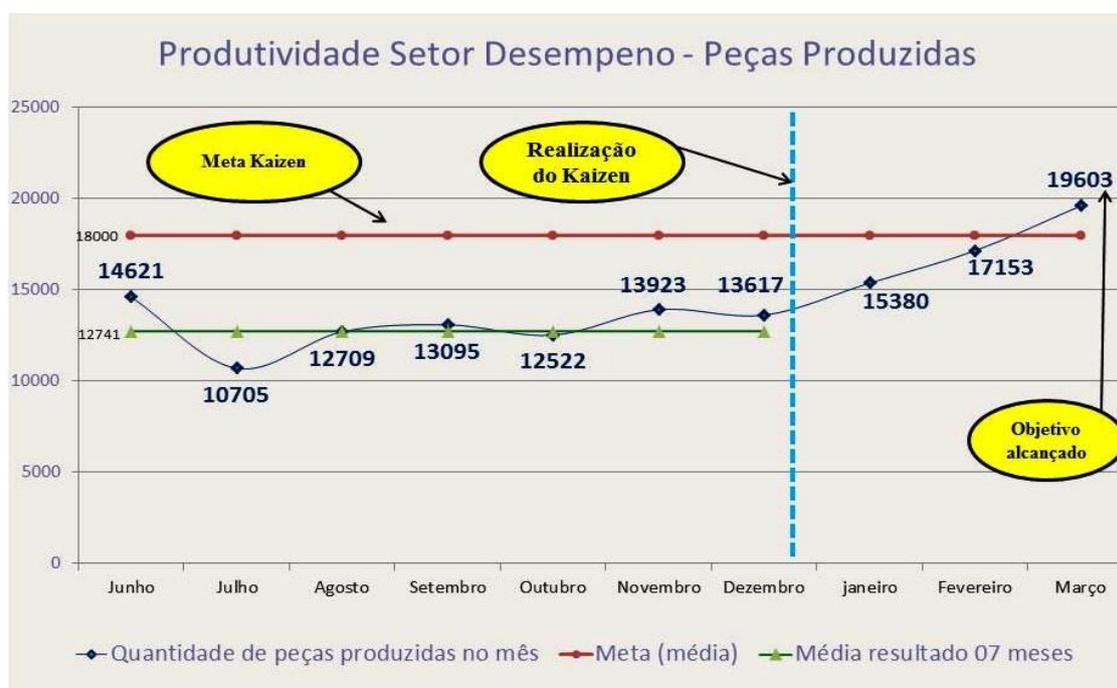
No quinto e último dia da semana *Kaizen*, no período da manhã, a equipe realizou os retoques finais das melhorias e verificou que o funcionamento da linha de produção ocorreu conforme planejado. Foi realizado um levantamento das ações de melhoria contínua implementadas no setor em que se apresentaram os resultados obtidos e, depois, a equipe preparou uma apresentação para toda a gerência da empresa.

No mesmo dia, no período da tarde, foi realizada a apresentação das propostas, as ações realizadas e o *status* de cada item sugerido pela equipe. Foi estabelecido um prazo de três meses para o atingimento das metas sugeridas e para que o *Kaizen* possa ser validado incluindo recomendações para o acompanhamento através de auditoria após trinta dias da semana *Kaizen*. Os membros da equipe apresentaram os objetivos e as melhorias realizadas para o funcionamento da linha de produção, permitindo aos presentes realizarem questionamentos sobre o exposto, as ações planejadas, à eficácia dos resultados, os benefícios para a empresa e as consequências para os seus colaboradores. Finalmente, após a apresentação, realizou-se o encerramento da semana *Kaizen*, com comemoração envolvendo toda a equipe, gerência e alguns convidados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora a Semana *Kaizen* estivesse encerrada, os resultados foram essenciais tanto para a empresa como para os colaboradores, que aderiram ao processo de produção em linha e ficaram satisfeitos com as oportunidades de mudanças na organização. Conforme a Figura 2, a produtividade do setor de desempenho, após a Semana *Kaizen*, obteve um resultado satisfatório, com aumento acima de 50%, de acordo com o planejado de três meses, atingindo os objetivos proposto.

Figura 2 - Produtividade



A Figura 2 demonstra também que, antes do evento, foram produzidas em média 12.741 peças por mês e, depois da realização do *Kaizen*, obteve-se um aumento progressivo na produção de peças. No terceiro mês após a realização do evento, foram produzidas 19.603 peças, atingindo a meta do *Kaizen* que era de 18.000 peças por mês. Devido a este aumento produtivo, a média mensal do *lead time* das peças estocadas no setor foi reduzida de um dia para 0,4 dias e a movimentação total dos operadores reduziu de 7.426 metros/turno para 3.500 metros/turno. Na Tabela 2, são mostrados os objetivos e os resultados obtidos na auditoria final de noventa dias após a semana *Kaizen*.

Tabela 2 - Resumo dos ganhos

Tópico	Objetivo	Ganhos após 90 dias
Produtividade	Aumento de 42 %	Aumento de 50%
<i>Lead Time</i>	Reduzir 50%	Redução de 60%
Movimentação	Reduzir 46%	Redução de 52,8%
Liberação de área útil	0	Ganho de 10,6%

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a aplicação da metodologia *Kaizen* promoveu mudanças e melhoria na eficiência operacional dos operadores na fabricação de peças primárias, otimizando os resultados propostos. Para isso, foi realizado um evento *Kaizen*, cuja principal melhoria implantada foi a implementação de uma linha de produção sequenciada, que resultou em uma melhor eficiência aumentando a produtividade das peças produzidas, redução do *lead time* e da movimentação excessiva dos operadores. O estudo também indicou que os resultados propostos foram alcançados de forma progressiva, devido à adaptação dos operadores aos novos processos de trabalho.

A análise dos resultados do *Kaizen* foi realizada por meio de uma auditoria final após 90 dias do evento. O resultado final indicou que houve um aumento de mais de 50% na produtividade do setor, índice pelo qual é considerado satisfatório, pois a metodologia *Kaizen* visa à melhoria contínua e a mudança cultural na organização.

A metodologia utilizada no evento *Kaizen* da empresa em estudo pode ser utilizada em qualquer tipo de organização. Cabe ressaltar que a eficiência e alcance dos objetivos são resultados de um trabalho realizado desde a alta direção até o setor operacional.

A implantação não exigiu grande demanda de recursos financeiros, exigiu apenas a disponibilidade parcial de determinadas pessoas da empresa para execução da metodologia e formação da equipe, sendo que os colaboradores adquiriram uma cultura de expressão no qual apresentaram soluções e inovações ao produto e aos processos operacionais, assim os resultados foram muito satisfatórios, superando a meta proposta.

REFERÊNCIAS

- CAGLIANO, R; ACUR, N., BOER, H. Patterns of change in manufacturing strategy configurations. **International Journal of Operations & Production Management**. v.25, n.7, p. 701-718, 2005.
- CATELLI, A. **Controladoria: uma abordagem da gestão econômica**. 2. ed. São Paulo, SP. Atlas, 2001.
- FERRANTE, M. **Seleção de materiais**. 2. ed. São Carlos, SP. Edufscar, 2002.
- HECKL, D.; MOORMANN, J. Process performance management. **International handbooks on information systems, handbook on business process management 2**. p. 115-135, 2010.
- IMAI, M. **Gemba-Kaizen: estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica**. São Paulo, SP. IMAM, 2007.
- LARAIA, A.; MOODY, P.; HALL, R. **Kaizen Blitz: processo para o alcance da melhoria contínua nas organizações**. São Paulo, SP. Leopardo, 2009.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota**. Porto Alegre, RS. Artmed, 2004.
- ORTIZ, C. A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. Porto Alegre, RS. Bookman, 2010.
- SLACK, N.; LEWIS, M. **Estratégia de operações**. 2 ed. Porto alegre, RS. Bookman, 2009.
- SOUZA, A J. **Apostila processo de fabricação por usinagem parte 1**. Porto Alegre, RS. UFRGS, 2011.
- TORRES JÚNIOR, N.; MIYAKE, D. I. Melhoria de desempenho em serviços: alternativas para lidar com o trade-off entre eficiência e eficácia. **Revista Produção Online**. v. 11, n. 1, p. 162-193, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/539/767>>. Acesso: 02 jun. 2014.
- WERKEMA, C. **Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. Elsevier, 2011.
- YAU, H. T.; MENQ, C. H. An automated dimensional inspection environment for manufactured parts using coordinate measuring machines. **International Journal of Production Research**. v. 30, n. 7, p. 1517 – 1536. 1992.