

ADOÇÃO DE PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO EM UMA OFICINA DE MANUTENÇÃO DE SUBCONJUNTOS DE EQUIPAMENTOS FORA DE ESTRADA

Rogério Magno Moreira (Funcesi)

rogerio1986@msn.com

LUIZA BERNARDES REAL (IFMG)

luiza.real@ifmg.edu.br



O cenário econômico cada vez mais competitivo impulsiona as empresas a pensarem em maneiras de reduzirem seus custos. Com base nisso, muitas organizações passam a adotar práticas do Sistema Toyota de Produção (STP). Este trabalho apresenta a adoção de princípios da produção enxuta e os resultados obtidos em uma oficina de manutenção de subconjuntos de equipamentos fora de estrada. Dentre as principais mudanças alcançadas, destacam-se: o aumento da capacidade produtiva, a redução do lead time de reforma, o aumento da utilização da mão de obra e a redução do número de reformas externas.

Palavras-chave: Manutenção. Sistema Toyota de Produção. Produção Enxuta.

1. Introdução

As novas tendências e mudanças do cenário econômico exigem que as organizações estejam em constante adaptação. Para enfrentar estes desafios, as empresas precisam trabalhar de forma cada vez mais enxuta e eficiente através do controle dos processos, dos recursos e da análise dos resultados, buscando sempre estabelecer estratégias competitivas para alcançar o melhor desempenho.

No setor da manutenção, para conseguir vantagem competitiva, o desafio é reduzir os custos de manutenção para oferecer aos clientes um serviço de qualidade e de menor preço. Para superar este desafio, as empresas podem adotar o modelo do Sistema Toyota de Produção (STP), que conforme Shingo (1996), tem como seu principal objetivo a identificação e eliminação das perdas, para a redução de custos.

Este trabalho tem o intuito de apresentar a adoção de alguns princípios da produção enxuta e os resultados alcançados em uma oficina de manutenção de subconjuntos de equipamentos fora de estrada, em uma mineradora de grande porte, situada na cidade de Itabira/MG. A relevância deste trabalho está baseada na importância estratégica que esta oficina representa para a organização analisada. O desempenho desta oficina afeta diretamente a disponibilidade física dos equipamentos fora de estrada. Ela possui a função de balizador de mercado, e tem um papel fundamental na redução dos custos de manutenção.

O artigo aborda inicialmente o referencial acerca do STP, destacando seus princípios, alguns exemplos de desperdícios e uma ferramenta chave para a adoção desse modelo (Mapeamento de Fluxo de Valor). Em um segundo momento, apresenta-se a metodologia utilizada para a elaboração desse estudo. Após o embasamento teórico, aspectos práticos são apresentados e discutidos. Finalmente, são realizadas considerações finais e sugestões sobre trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

De acordo com Ohno (1997), O STP foi desenvolvido na década de 40 através de um conjunto de práticas que buscavam a eliminação dos desperdícios. Esse sistema possibilitou a Toyota atravessar a crise econômica do petróleo que assolou o Japão em 1973 e hoje é implementado em muitas empresas ao redor do mundo.

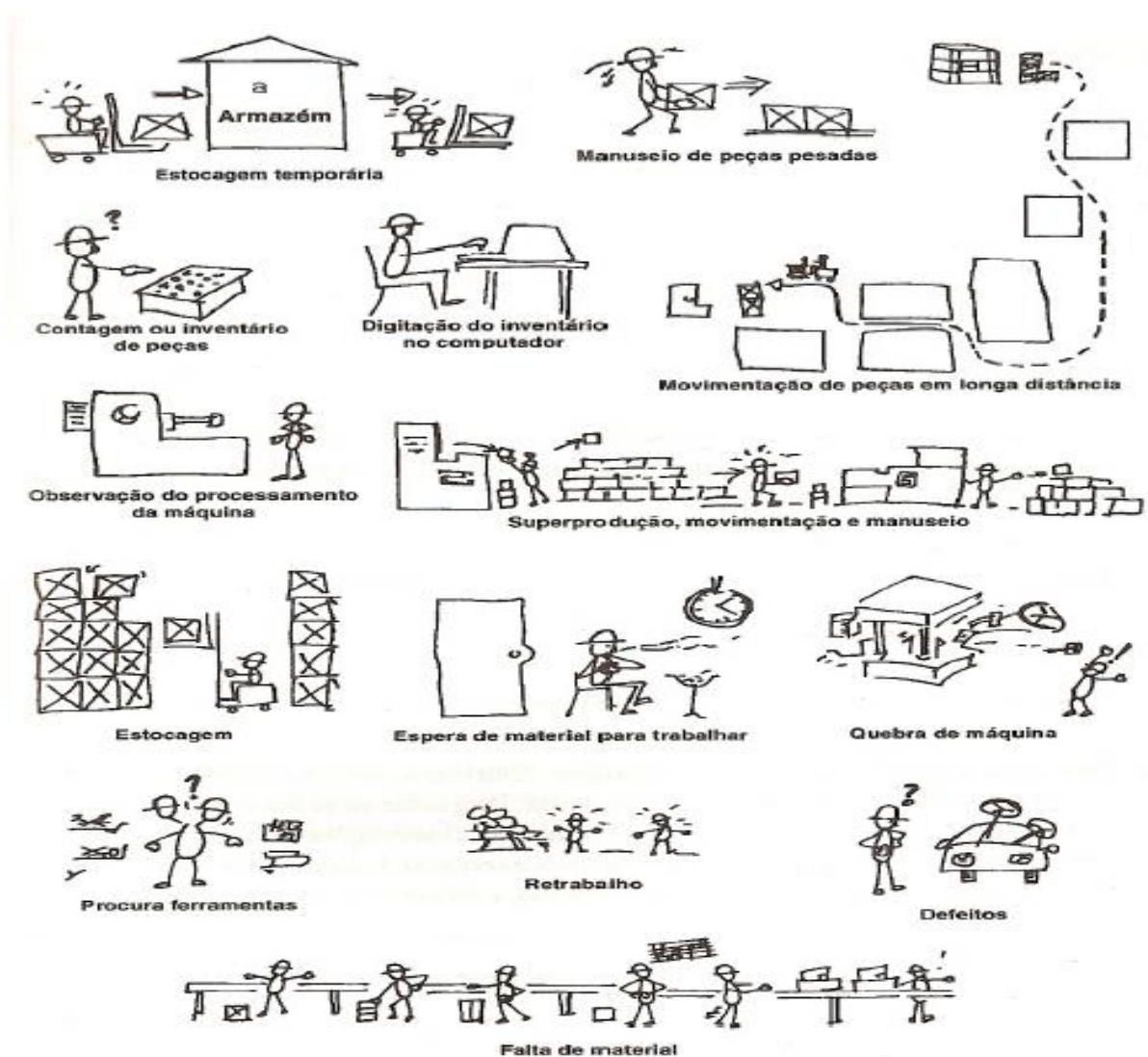
Conforme Figueiredo (2006), a expressão *Lean*, cujo significado é enxuto, foi incluída na literatura de negócios para designar o STP. O fato de exigir menos força humana para projetar e fabricar veículos, menor custo de produção por unidade, número menor de fornecedores, menor estoque, menos defeitos, menos acidentes de trabalho e menor *lead time* permitiu esta atribuição.

De acordo com Womack e Jones (2004), existem cinco princípios básicos para o pensamento enxuto: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada, perfeição. O primeiro princípio do STP está baseado na identificação do que é valor, sob o olhar do cliente, ou seja, o foco deve estar voltado para a necessidade do cliente. O segundo princípio, de acordo com o Lean Institute Brasil, consiste em desmembrar os processos e classificá-los em três tipos: a) os processos que de forma efetiva agregam valor ao produto; b) os que não agregam valor, mas são necessários para manter o funcionamento e qualidade do processo; c) os processos que não agregam valor, e que devem ser eliminados de forma imediata. Criar fluxo contínuo consiste em buscar eliminar toda espera ou tempo ocioso dos processos (LIKER, 2005). Para Womack e Jones (2004), o princípio da produção puxada, está associado à capacidade da empresa em projetar, programar e fabricar exatamente o produto que o cliente quer e quando o cliente precisar. O quinto e último princípio, consiste na busca interminável pela perfeição. Segundo Womack e Jones (2004), este princípio tem como ideia central, o que toda empresa deve fazer para atingir a perfeição na fabricação de um produto ou na prestação de um serviço.

Moraes e Sahb (2004) definem que a filosofia *Lean* parte do princípio que os desperdícios estão presentes em todos os setores de uma empresa. A eliminação destes desperdícios

permite que as empresas atinjam seus objetivos de atender seus clientes com a qualidade de prazo que necessitam.

Figura 1 – Desperdícios da produção



Fonte: SUZAKI 1996

A Figura 1 ilustra alguns dos desperdícios existentes nos processos produtivos (superprodução, espera, transporte, processamento incorreto, excesso de estoques, deslocamento desnecessário, defeitos). A ilustração exemplifica a relação entre os tipos de desperdício. Vejamos como exemplo a superprodução: se determinado item é produzido além da capacidade de absorção da demanda, gera a necessidade da estocagem temporária, sendo necessária a movimentação de peças, a estocagem, a contagem de peças e digitação do inventário (ou seja, ocorre uma reação em cadeia).

Ohno (1997) conclui que o desperdício é como um ciclo vicioso, que pode ser encontrado em todas as partes da empresa, sendo necessário o conhecimento das suas causas e consequências. A eliminação dos desperdícios está diretamente ligada à redução de custos, através da redução dos estoques e da força de trabalho.

Após o conhecimento dos princípios do STP e dos tipos de desperdícios existentes nos processos produtivos, vale destacar uma ferramenta chave utilizada nesse trabalho para a implementação dos princípios do STP: Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).

Liker (2005) acredita que, para o aperfeiçoamento de qualquer atividade complexa, a primeira ação deve ser a criação de um grande MFV. Wekerma (2012) define o MFV como a representação visual do sequenciamento, das ações, e da movimentação das informações e materiais de uma empresa. Segundo Liker; Meier (2007), um especialista enxuto pretende compreender o fluxo de materiais de acordo com a perspectiva dos clientes, ou seja, busca saber de onde aquele material ou produto vem e não para onde ele vai.

Wekerma (2012) afirma que o MFV auxilia na realização de várias atividades, possibilita o entendimento do fluxo de valor para toda organização, não se limitando a departamentos ou processos individuais. Facilita a identificação dos desperdícios e etapas que agregam valor, assessorando na visualização do relacionamento entre as atividades.

Ferro (2006) ressalta que apesar do mapeamento de fluxo de todas as atividades ser um passo importante, a implementação do estado futuro, através de ações concretas é ainda mais importante para a melhoria contínua dos processos.

Dessa forma, o MFV pode ser visto como uma ferramenta estratégica que permite a visualização de oportunidades de *Kaizens* no sistema. Segundo a definição de Werkema (2012), *Kaizen*, é o termo japonês que significa melhoramento contínuo. Conforme Moraes e Sahb (2004), o *Kaizen*, é uma ferramenta que envolve toda a empresa, dos gerentes aos operários, que tem o objetivo de buscar a melhoria contínua dos processos, através da redução dos desperdícios. O *Kaizen* proporciona à empresa, resultados em um curto espaço de tempo e a um baixo custo.

3. Metodologia

O método utilizado neste estudo foi a pesquisa de campo, pois as informações foram coletadas diretamente no local onde o processo de manutenção de subconjuntos ocorre. O tipo de pesquisa adotada neste trabalho foi à pesquisa descritiva, devido à necessidade de descrever as características do processo de reforma de componentes, as mudanças ocorridas no sistema e os resultados da aplicação dos princípios do STP no processo de reforma de componentes, sem a interferência do pesquisador.

O tratamento dos dados foi realizado por meio da análise de conteúdo e a unidade de análise foi a Oficina de Subconjuntos Mecânicos e Hidráulicos situada na Gerência de Oficinas Industriais Cauê na cidade de Itabira-MG. A Gerência de Oficinas Industriais é responsável pela reforma de subconjuntos de equipamentos de mina e usina, sendo de grande importância para a disponibilidade física dos equipamentos. Nessa gerência, são realizados serviços de manutenção e reforma de motores elétricos, recuperação e fabricação de estruturas metálicas. Essa gerência é composta por um centro de usinagem responsável pela recuperação e fabricação de peças; e, por duas oficinas especializadas na reforma de componentes do trem de força de equipamentos fora de estrada, dentre elas a Oficina de Subconjuntos (VALE, DOC 1).

4. Resultados e Discussões

Com o intuito de aumentar a capacidade produtiva da oficina e reduzir custos, a empresa buscou adotar princípios do STP. Primeiramente as mudanças ocorreram na Oficina de Subconjuntos, mais especificamente, o componente comando final foi o primeiro alvo dessas alterações.

A seguir, descreve-se como era o processo de manutenção do comando final antes da aplicação das ferramentas do *lean manufacturing*. Em seguida, a aplicação da ferramenta MFV e as principais melhorias detectadas são apresentadas. Para fechar a seção, alguns resultados obtidos com a adoção dessas práticas são destacados.

4.1 Processo de manutenção de subconjuntos

O foco da Oficina de Subconjuntos consiste na reforma de componentes do trem de força de equipamentos de mina. Estes componentes são: comandos finais, diferenciais, conversores de torque e transmissões. Esta atividade destaca-se pelo grande potencial de redução dos gastos de manutenção, já que os custos praticados pelas oficinas internas são altamente competitivos em relação aos custos praticados pelos *dealers* e a oficina não tem capacidade suficiente para reformar todos os componentes necessários (VALE, DOC 1). Por apresentar 45% dos componentes reformados nesta oficina, a célula de Comandos Finais foi selecionada como célula piloto para esse estudo (VALE, DOC 5).

O Quadro 1 descreve como ocorria o processo de reforma dos comandos finais antes da aplicação das ferramentas do *lean manufacturing*. O processo de manutenção de comandos finais era realizado em duplas, o processo era dividido em 5 etapas, e não existia uma divisão pré-determinada destas etapas entre os executantes, ou seja, a divisão era realizada de acordo com a definição dos próprios executantes. As atividades de transporte das peças entre as etapas e locais de armazenagem eram também de responsabilidade dos executantes.

Quadro 1 – Etapas do processo de manutenção de comandos finais

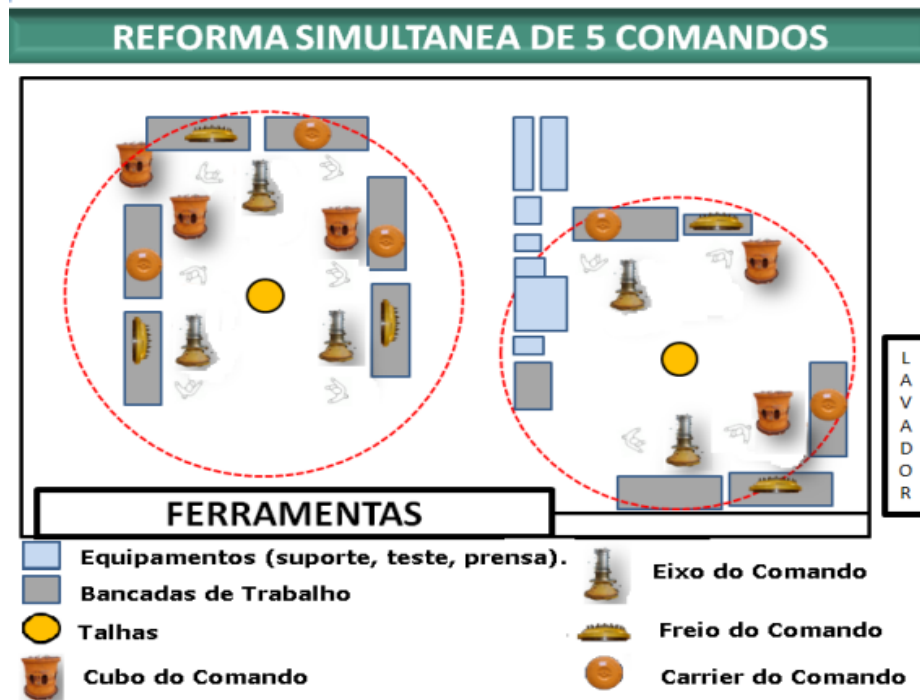
Etapas	Descrição
Desmontagem	Cada componente é desmontado por uma dupla de executantes, as peças são enviadas para o lavador industrial em cestos através de paletes ou através de equipamento auxiliar (Ponte Rolante).
Limpeza	As peças são lavadas em máquinas industriais, os executantes buscam as peças no lavador e posicionam na bancada de trabalho.
Inspeção	As peças são inspecionadas quanto a desgastes e quebras. As peças a serem substituídas são listadas para substituição. As peças danificadas que possam ser recuperadas são enviadas para oficina de Usinagem.
Armazenagem	As peças inspecionadas são posicionadas em paletes ou contêineres. O conjunto é embalado, identificado e enviado para o almoxarifado. É elaborado o pedido das peças de reposição e entregue ao provedor.
Etapas	Descrição
Montagem	Após a chegada das peças de reposição, o executante retira-as do almoxarifado junto com o componente embalado e posiciona na bancada de trabalho. O componente é montado, testado, pintado e disponibilizado para o cliente.

Fonte: Adaptado de VALE, DOC 7

O layout da célula de comandos finais, antes da aplicação dos princípios do STP, está ilustrado na Figura 2. A célula de comandos finais tinha a capacidade de reformar até 5 comandos simultaneamente. Cada comando era desmembrado em 4 partes, conhecidas como

cubo, eixo, carrier e freio, sendo necessárias duas bancadas para cada dupla realizar a desmontagem. Os componentes e suas peças eram dispostos aleatoriamente na área de trabalho e devido às atividades ocorrerem simultaneamente, os mecânicos executavam as atividades concorrendo pelos mesmos recursos (ferramentas, paleteira, talha, ponte rolante, cestos para lavagem de peças, lavador).

Figura 2 – *Layout* da célula de comandos



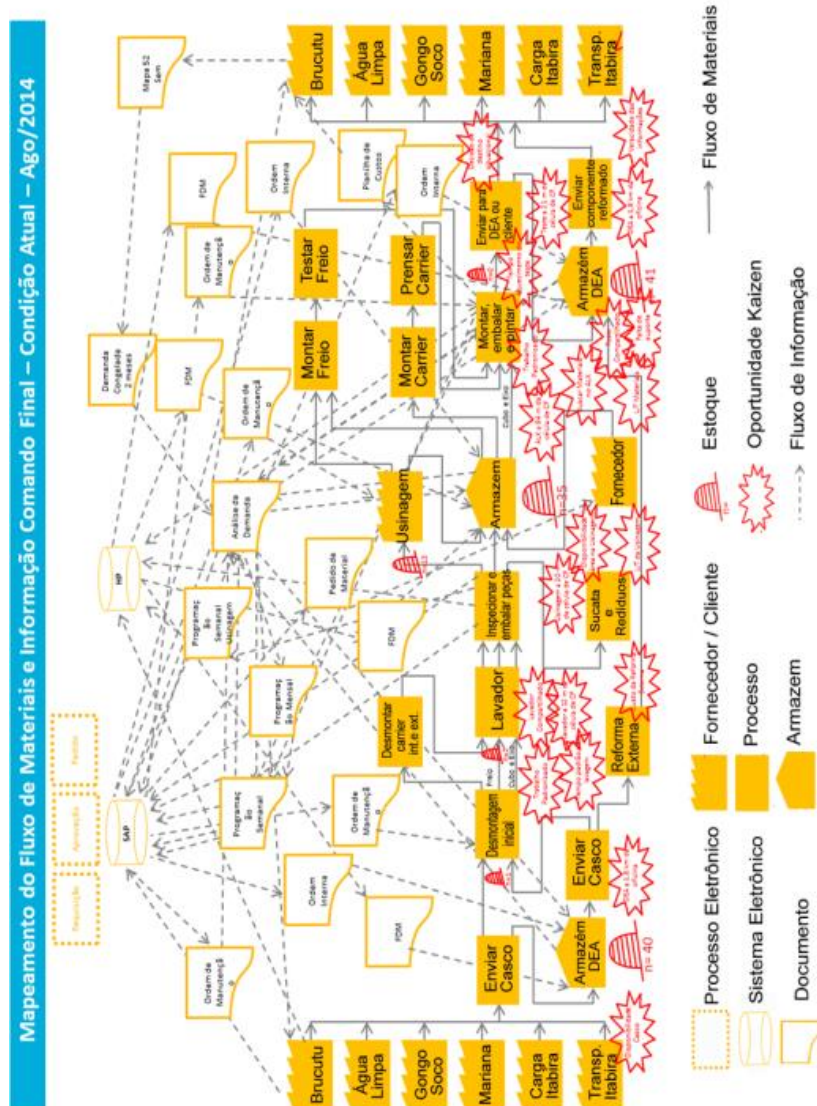
Fonte: Adaptado de VALE, DOC 5

4.2 Aplicação das ferramentas do *lean manufacturing*

A necessidade de alavancar os resultados, reduzir os custos de manutenção, aumentar a capacidade produtiva, fez com que a empresa decidisse implementar ferramentas do *lean manufacturing* na Oficina de Subconjuntos. Neste trabalho, destaca-se a aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor.

De forma estratégica, elaborou-se o MFV com o objetivo de identificar os desperdícios e as possibilidades de ganho no processo de reforma de comandos finais. Esse mapa está representado na figura a seguir.

Figura 3 – Mapeamento do fluxo de valor



Fonte: Adaptado de VALE, DOC 5

A Figura 3 apresenta o MFV elaborado da condição atual. Nele são representados os clientes, fornecedores e todos os processos realizados desde abertura da ordem de manutenção pelo cliente, até o seu encerramento pela equipe de Planejamento e Controle da Manutenção. As linhas contínuas indicam o sentido de movimentação dos materiais, e as linhas tracejadas

indicam o sentido do fluxo de informações. Os balões vermelhos representam as perdas identificadas no processo, que se tornam oportunidades para realização de *Kaizens*.

O MFV representa de forma gráfica todo o processo de reforma de comandos finais. Sua aplicação auxiliou na identificação da relação existente entre as etapas do processo, e na identificação de perdas, que se tornaram oportunidades de melhoria. Através das informações adquiridas com o MFV, foi possível o estabelecimento de metas para a melhoria contínua do processo. O quadro a seguir lista as perdas encontradas no processo e as metas definidas através da elaboração do MFV.

Quadro 2 – Perdas e metas

Perdas	Metas Dez/2014
Componente aguardando aprovação de orçamento para realização da reforma.	Aprovação prévia de reforma dos componentes
Movimentação excessiva para buscar recursos	Aproximação dos recursos
Transporte Excessivo	Implantação do Fluxo Contínuo
Componente aguardando material	Supermercado de itens Básicos
Estoque Excessivo	Definição da quantidade mínima e máxima de componentes

Fonte: Adaptado de VALE, DOC 8

De acordo com o Quadro 2, o tempo necessário para aprovação dos pedidos de material contribuía para aumento do tempo de reforma dos componentes. Após a desmontagem as peças dos componentes eram inspecionadas e o orçamento era gerado. Como a oficina trabalha com componentes de diversos clientes, cada orçamento precisa ser aprovado para que ocorra a compra das peças. Alguns clientes, com um número maior de componentes em reforma, aguardavam o orçamento de vários de seus componentes para definir qual deles aprovar, gerando estagnação no processo e estoque de componentes desmontados. Para

minimizar esse problema, estabeleceu-se uma meta que propõe a aprovação prévia do material de reforma, eliminando a necessidade de aprovação do cliente. Um valor mínimo de reforma é pré-definido com os clientes. Se o orçamento do componente desmontado for menor ou igual ao valor estipulado, a aprovação ocorre de forma automática. Dessa forma, em muitos casos, elimina-se a necessidade de aguardar a aprovação, o processo ganha agilidade e os estoques de componentes desmontados são mais facilmente gerenciados.

Outro ponto destacado no MFV foi a movimentação excessiva causada pela procura de recursos durante o processo de reforma. Estipulou-se, então, a meta de aproximar os recursos específicos para cada atividade através da criação de painéis de ferramentas.

Para solucionar o problema de transporte excessivo, causado pela necessidade de envio e recolhimento dos componentes do almoxarifado, a meta foi a implantação de um fluxo contínuo de reforma. Com um fluxo contínuo, não haveria mais a necessidade de armazenar os componentes para aguardar a chegada de material. Após a desmontagem, as peças dos componentes seriam inspecionadas e logo após enviadas para o posto de montagem, onde o processo de reforma seria concluído.

Para evitar que este fluxo seja interrompido e que os componentes deixem de ser montados, determinou-se a criação de um supermercado de itens básico. Os itens básicos são as peças de troca obrigatória, como vedações, e as peças eventuais com maior frequência de troca. Estas peças disponíveis de pronta entrega na oficina possibilitariam a montagem dos componentes em fluxo contínuo. Com o supermercado, ao identificar a necessidade de troca de alguma peça, é possível substituí-la imediatamente. Não é mais necessário armazenar o componente até que a peça necessária chegue. Nesse novo sistema, o pedido de uma peça passa a ser feito somente para reposição da mesma.

A última perda apresentada no Quadro 2 é o estoque excessivo. Para reduzir o estoque excessivo de componentes desmontados e em processo, foi proposta a definição da quantidade mínima e máxima de cada tipo de componente. Assim, ficam mais claro quais modelos realmente precisam ser reformados e quais já possuem uma quantidade maior que o limite definido.

Verificou-se que para implementar o fluxo contínuo de trabalho, ou fluxo de peça única, foi necessária uma grande mudança no processo de reforma de comandos finais. A reforma foi dividida em etapas, sendo que cada uma delas seria realizada por um único executante. Esta ação foi necessária para reduzir a concorrência dos executantes pelos mesmos recursos durante a execução das atividades, que gerava perdas, como elevado tempo de espera e também a movimentação para buscar recursos (VALE, DOC 5).

De acordo com a figura 4, o novo layout da célula de comandos finais foi dividido em seis postos de trabalho contendo todas as ferramentas e recursos para execução de cada atividade. As áreas de posicionamento de cestos e de componentes foram demarcadas no piso da oficina para otimização do espaço físico, reforçando a definição da condição normal e anormal. Foram posicionados nas células armários contendo as peças básicas para reforma do comando final, com o objetivo de reduzir o deslocamento dos executantes e as perdas geradas pela espera.

Figura 4 - Layout depois



Fonte: Adaptado de VALE, DOC 5

Com os postos de trabalho definidos, cada executante passou a realizar somente uma das etapas do processo. A realização contínua da mesma etapa facilitou na identificação dos desperdícios e oportunidades de melhoria contidas em cada etapa. Em conjunto com a capacitação dos mecânicos na metodologia de solução problemas, a divisão do trabalho em etapas evidenciou a utilização de outra ferramenta do *lean manufacturing*, o *Kaizen*.

A figura a seguir apresenta um exemplo de *Kaizen* realizado na célula de comandos finais.

Figura 5 – *Kaizen* carrinho de ferramentas



Fonte: Adaptado de VALE, DOC 10

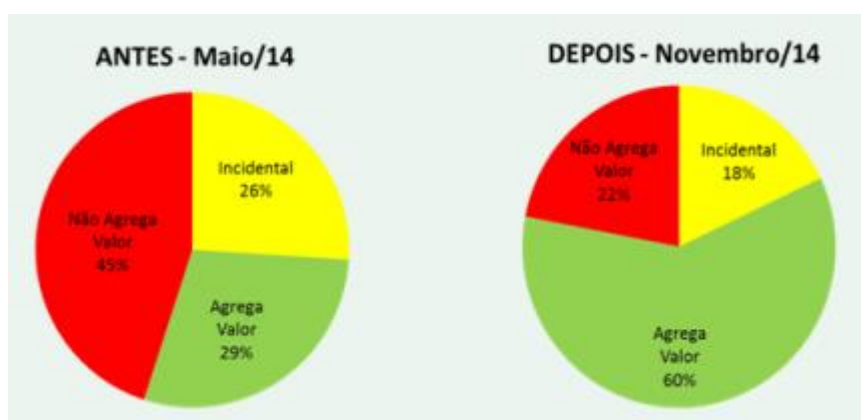
A Figura 5 apresenta um *Kaizen* realizado por dois executantes da célula de comandos finais, em que foi definida a condição normal x anormal do posicionamento das ferramentas nas gavetas do carrinho, a demarcação da sombra das ferramentas e a fixação de etiquetas de

identificação. O foco deste *Kaizen* foi a redução do tempo de procura por ferramentas durante a execução das atividades.

4.3 Resultados da implantação do *lean manufacturing* na manutenção de subconjuntos

A comparação entre o percentual das atividades que agregavam valor, as incidentais, e as atividades que não agregavam valor antes e depois das modificações feitas, é apresentada na figura a seguir.

Gráfico 1 – Agregação de Valor



Fonte: Adaptado de VALE, DOC 8

De acordo com o Gráfico 1, antes, 45% das atividades realizadas na célula de comandos finais não agregavam valor, 26% eram incidentais e apenas 29% das atividades agregavam valor ao

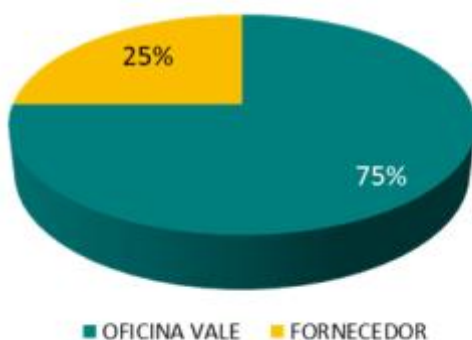
produto. Após a aplicação das ferramentas e início do fluxo de produção, o percentual de atividades que não agregam valor foi reduzido para 22%, o percentual das atividades que são incidentais também reduziu para 18%, e o percentual das atividades que agregam valor aumentou para 60%.

Verifica-se à redução ou mesmo eliminação de atividades que pareciam necessárias para a oficina, tais como movimentação e armazenagem, porém, sob a ótica dos clientes, estas tarefas não agregavam valor. A definição do que é valor sob a perspectiva do cliente, possibilitou a identificação do que não agrega valor, possibilitando a realização de *kaizens* focados na redução ou eliminação destas perdas.

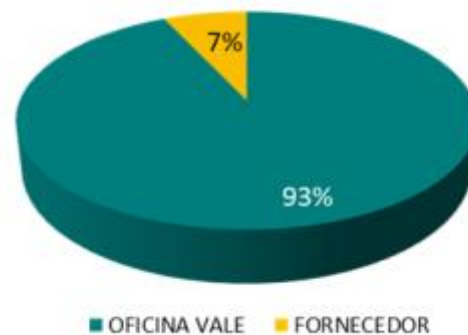
O Gráfico 2 apresenta a comparação do percentual de reformas internas x externas antes e depois da aplicação das ferramentas do *lean manufacturing*. Antes, 25% dos componentes demandados pelos clientes eram enviados para reforma externa. Esta reforma nos *dealers* resultava em um aumento do custo de reforma para as gerências de manutenção. Após a aplicação das ferramentas, o percentual de reformas externas reduziu para 7%.

Gráfico 2 – Reforma Interna x Externa

Reforma OFICINA VALE x FORNECEDOR
outubro 2013 a setembro 2014



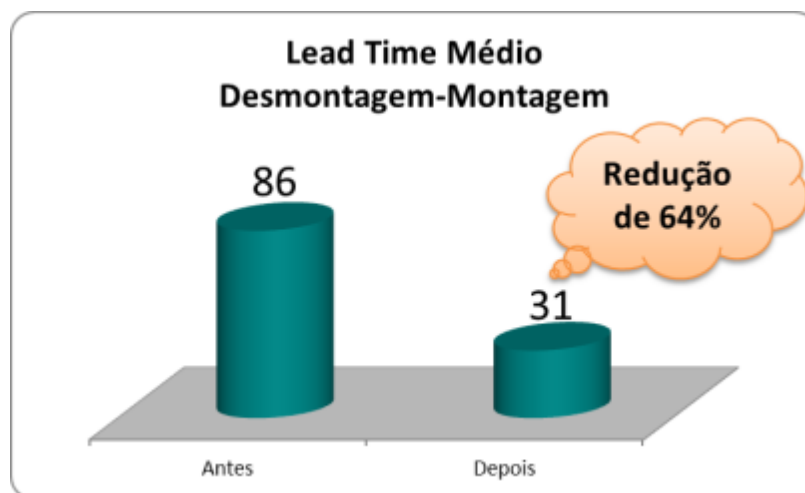
Reforma OFICINA VALE x FORNECEDOR
outubro 2014 a março 2015



Fonte: Adaptado de VALE, DOC 5

Como pode ser observado no Gráfico 3, a redução do número de reformas externas contribuiu para a redução do lead time de reforma dos comandos finais. O lead time médio de reforma, era de 86 dias. Após o projeto houve uma redução de 64% do *lead time* de reforma. Agora o comando final fica no processo de reforma em média 31 dias. A redução do *lead time* de reforma contribuiu para redução do estoque de componentes em processo. Vale destacar que o estoque excessivo pode induzir a outra situação indesejada, a acomodação da equipe devido à garantia da não parada do processo produtivo.

Gráfico 3 – Lead Time de Reforma

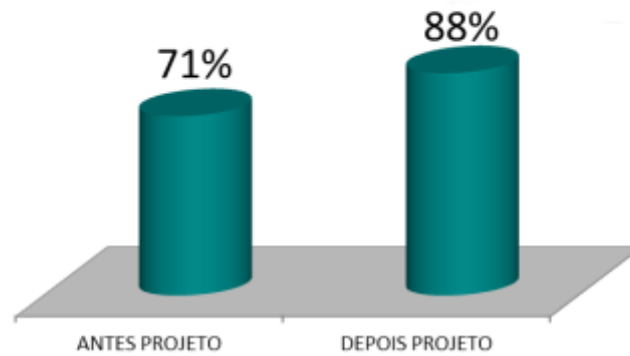


Fonte: VALE, DOC 5

O Gráfico 4 apresenta a aplicação do Homem-Hora na reforma de componentes. Antes, 71% do homem-hora disponível na Oficina de Subconjuntos era utilizado na reforma de comandos finais, após o projeto o percentual de aproveitamento do homem-hora passou a ser de 88%.

Gráfico 4 – Aplicação do HH em componentes

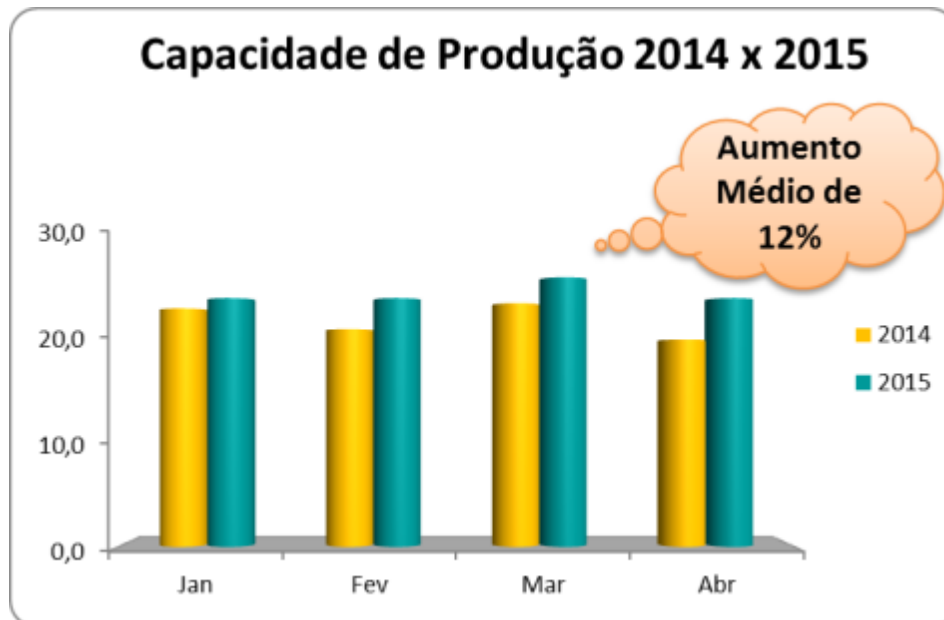
HH disponível transformado em componente



Fonte: VALE, DOC 5

O Gráfico 5 compara a capacidade produtiva da Oficina de Subconjuntos antes e após a aplicação das ferramentas do *lean manufacturing*. Observa-se que na comparação do número de componentes reformados entre os quatro primeiros meses de 2014 e 2015, ou seja, antes e após a realização do projeto de aumento de produtividade, houve um aumento médio de 12% da capacidade produtiva da Oficina de Subconjuntos.

Gráfico 5 – Capacidade Produtiva



Fonte: VALE, DOC 5

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo apresentar a implantação de alguns princípios da produção enxuta em uma oficina de manutenção. A partir da elaboração do MFV para o componente comando final, foram identificados diversos tipos de desperdício no processo de reforma de componentes, desde o planejamento até o encerramento da ordem de manutenção. A identificação de baixa eficiência para cumprimento de demandas e ao mesmo tempo a existência de superprodução evidenciaram os problemas resultantes de um sistema de produção empurrado.

A aplicação de princípios do STP proporcionou uma mudança considerável no processo de reforma de componentes. No que diz respeito aos resultados, identificou-se o aumento da capacidade produtividade, redução do lead time de reforma, aumento da utilização da mão de obra e redução do número de reformas externas. Conclui-se que a aplicação de metodologias e técnicas, mesmo vindas de outros ramos da indústria, pode resultar em diversos ganhos em

um processo de manutenção. Como trabalhos futuros, propõe-se a expansão desses princípios para a reforma dos demais componentes e também para as demais oficinas dessa mineradora.

REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Kleber. A Logística Enxuta. Out/2006. Disponível em

< http://professorricardo.tripod.com/Artigo_18.pdf>. Acesso em: 01 julho. 2015.

FERRO, José Roberto. Logística Lean: passo seguinte na transformação. 2006. Disponível em < <http://www.lean.org.br/leanmail/33/leanmail.aspx>> Acesso em: 20/09/2015

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

LIKER, Jeffrey K; MEIER, David. O modelo Toyota: Manual de Aplicação. Porto Alegre: **Bookman**, 2007.

MORAES, João Amnys Rachid de; SAHB, Leandro Marinho. Manufatura Enxuta. Jan/2004. Artigo disponível em < <http://www.ietec.com.br>>.

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

SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Trad. Eduardo Schaan. Porto Alegre: **Artes Médicas**, 1996.

SUZAKI, Kiyoshi. Novos Desafios da Manufatura: Técnicas para melhoria contínua. São Paulo: **IMAM**, 1996.

VALE. A3- Projeto de Aumento de Capacidade: Formulário de Divulgação. Itabira, 2015. Doc 8.

VALE. Controle de Kaizens: Registro eletrônico Itabira, 2015. Doc 10.

VALE. Padrão de Gestão de Sistemas: PGS000196 Itabira, 2014. Doc 1.

VALE. Procedimento Operacional: Reforma de comando final PRO 019619. Itabira, 2014. Doc 7.

VALE. UBQ 2015: Apresentação de Projeto. Itabira, 2015. Doc 5.

WEKERMA, CRISTINA. Lean Seis Sigma: Introdução as ferramentas do lean manufacturing. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A Mentalidade Enxuta Nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2004.