

## A IMPLANTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NUMA OFICINA DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

Patrícia Rejane Ferreira de Oliveira (FUNCESI) [patty.itabira@hotmail.com](mailto:patty.itabira@hotmail.com)

Clério Santos Vieira (FUNCESI) [clerio.vieira@funcesi.br](mailto:clerio.vieira@funcesi.br)

Cristina José de Assis de Souza (FUNCESI) [cristina.assis@funcesi.br](mailto:cristina.assis@funcesi.br)

### Resumo

O sistema *Lean Manufacturing* ou produção enxuta nasceu no final dos anos 80 pela empresa Toyota Motor Company, sendo considerado uma metodologia de gestão de identificação e eliminação dos desperdícios no processo produtivo. Este artigo apresenta um estudo sobre os resultados da implantação do *Lean Manufacturing* na oficina de manutenção de equipamentos de transportes de uma mineradora de grande porte situada em Itabira/MG. A metodologia utilizada foi qualitativa, de forma descritiva, por meio de um estudo de caso. Os resultados mostraram que o sistema *Lean* proporcionou a oficina em estudo melhor desempenho, apresentando resultados positivos em relação à diminuição dos desperdícios e retrabalho; um clima organizacional mais agradável; diminuição das falhas operacionais; mais segurança e menos esforço para execução das atividades; padronização e estabilização das tarefas com ganhos em qualidade e confiabilidade no processo; aplicação de métodos e as ferramentas da qualidade na identificação de problemas e melhoria dos processos de trabalho; organização e limpeza da área.

**Palavras-Chaves:** Implantação. *Lean Manufacturing*. Processo Produtivo.

### 1. Introdução

Com a competitividade cada vez mais forte nos tempos atuais, as empresas têm buscado continuamente desenvolver os seus produtos próximos a que seus clientes desejam e para isso, necessitam de processos mais rápidos, flexíveis e com menores custos.

Criado após o fim da segunda guerra mundial, a produção enxuta foi umas das maneiras encontradas pelo Japão para tornar seus produtos da indústria automobilística, tão competitivos quanto os produtos produzidos no resto do mundo. Esse sistema visa mapear os processos, passando por cada etapa produtiva, eliminando os desperdícios e perdas decorrentes da atividade (SHINGO, 1996).

Assim, este estudo tem como objetivo analisar os resultados da implantação do *Lean Manufacturing* em uma oficina de manutenção de Caminhões de grande porte em uma empresa mineradora.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 O Sistema *Lean Manufacturing***

O termo *Lean Manufacturing* é um nome que define o Sistema Toyota de Produção (STP), fundamentado numa abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício que causam prejuízo e diminuição dos lucros da empresa. Esse sistema é conhecido também de produção enxuta.

O Sistema Toyota de Produção teve origem no Japão, especificamente na fábrica de automóveis da Toyota, nos anos 50. Ao estabelecer um novo método produtivo para a fábrica de automóveis de sua família, a Toyota, percebeu que para conseguir competir no mercado seu sistema de fabricação necessitaria atingir a larga escala de forma diferenciada do que já existia (WOMACK *et alli*, 1992).

Ohno (1997) estabelece como passo preliminar para a aplicação do Sistema Toyota de Produção a identificação e eliminação dos desperdícios ou perdas. Uma vez eliminados os desperdícios, a base da produção enxuta é a redução dos custos de produção e a satisfação do cliente.

De acordo com Womack (1998) os sete tipos de desperdícios identificados por Shigeo Shingo, no Sistema Toyota de Produção, foram: perda por superprodução, perda por fabricação de produtos defeituosos, perda por estoque, perda no próprio processamento, perda por transporte, perda por esperas e perda por movimentação.

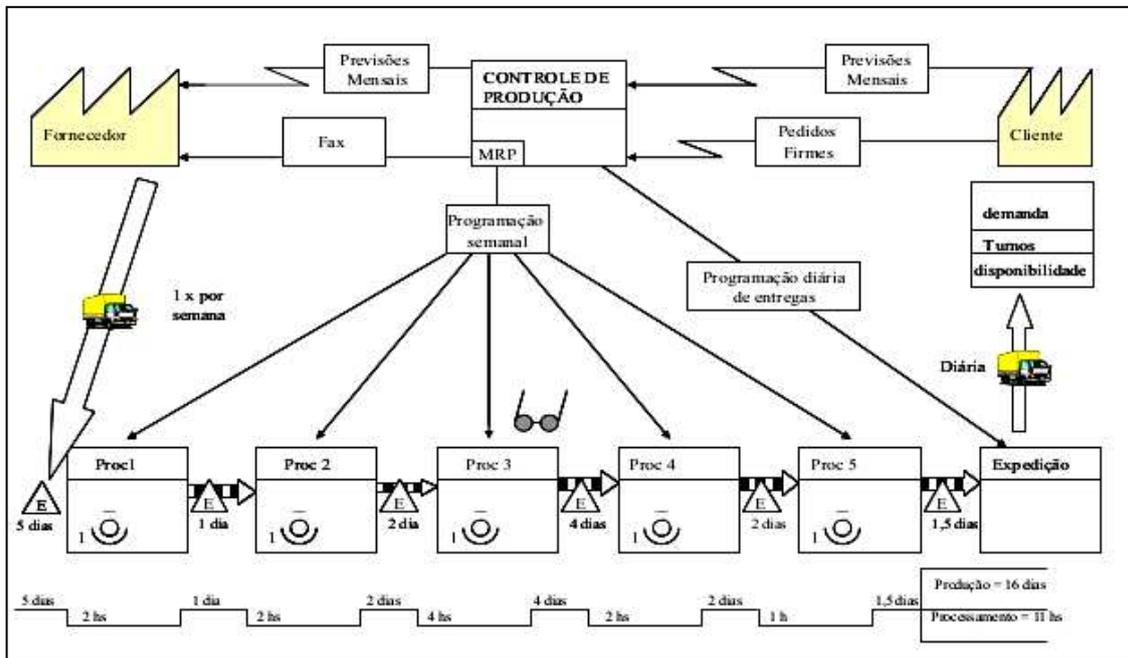
Para minimizar os desperdícios de produção, existem diversas ferramentas que podem ser implantadas na empresa, que são: Mapeamento do Fluxo de Valor, *JIT*, *Kanban*, manufatura celular, 5S, *setup* rápido, inspeção autônoma, manutenção produtiva total, dispositivos a prova de erros ou *poka-yoke*, entre outras.

O Mapeamento do Fluxo de Valor do inglês *Value Stream Mapping* é uma ferramenta que tem sido bastante utilizada na aplicação da Produção Enxuta (LEAN SUMMIT, 1999). Entende-se por fluxo de valor o conjunto de todas as atividades que ocorrem na produção,

desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final. Esta ferramenta leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações ajudando no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura.

Um exemplo de mapa do fluxo de valor é apresentado na figura 1.

Figura 1 – Mapa do Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

Segundo Rother & Shook (1999), o primeiro passo é identificar as famílias de itens de acordo com semelhanças de processo. A partir disso, é possível desenhar o estado atual, que é feito através da coleta de informações no chão de fábrica. Neste desenho é feita a representação visual de cada processo de fluxo de material e informação. A seguir, é gerado um mapa do estado futuro, procurando eliminar os problemas evidenciados e analisados junto ao mapa do estado atual e finalmente promover a implantação de um plano que descreva a transição do estado atual para o estado futuro.

O *Just In Time - JIT* significa produzir o produto certo, no tempo certo e na quantidade correta. Uma vez implementado o *JIT* integralmente, a empresa pode chegar ao estoque zero. Para Ohno (1997), os métodos tradicionais de produção não possibilitam uma produção *JIT*, sendo necessário migrar para a produção enxuta.

O *Kanban* é um procedimento de gerir o sistema de planejamento e controle puxado, que controla a transferência de um material de um ciclo para o outro. Moura (1989) afirma que esse procedimento é utilizado para reduzir o tempo de espera e o estoque, melhorando a produtividade e interligando todas as operações em um fluxo uniforme ininterrupto.

Já o *Take Time* define o ritmo da produção, ou seja, é a frequência na qual se deve produzir um produto sincronizando a velocidade de produção ao ritmo de vendas, para atender a demanda do mercado (ROTHER e SHOOK, 1999).

Por fim o 5Ss, que visa manter ambientes de trabalho organizados e limpos, reduzir desperdícios, mudar os comportamentos e as atitudes tornando as pessoas mais produtivas e satisfeitas envolvendo todas as áreas da empresa (CAMPOS, 1994).

## **2.2 Conceitos de Manutenção**

De acordo com Monchy (1989), a terminologia manutenção surgiu na área militar, cuja definição era conservar as unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação.

Existem três abordagens básicas para manutenção: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Segundo Slack *et al.* (2002), as atividades de manutenção consistem na combinação dessas abordagens.

Este trabalho foca a aplicação da metodologia *Lean* na racionalização das atividades de Manutenção Preventiva, mais precisamente nas inspeções rotineiras executadas em caminhões fora-de-estrada.

A Manutenção Preventiva, de acordo com Siqueira (2009), permite a realização da manutenção satisfazendo ao cronograma pré-estabelecido pela organização, com o intuito de minimizar falhas, custos e queda no desempenho. Sua realização tem como aspecto a intenção de diminuir a probabilidade de falha de um item.

Este tipo de manutenção é executado antes do acontecimento de falhas e quebras. Para Slack *et al.* (2002) ela tem como objetivo extinguir ou minimizar as probabilidades de falhas por manutenção em limpeza, lubrificação, substituição e inspeção nas instalações em períodos previamente planejados.

### **3. Metodologia**

A pesquisa tem abordagem qualitativa, de forma descritiva, realizada por meio de um estudo de caso. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas e análise documental.

O universo foi constituído pela gerência de manutenção de equipamentos de transportes de uma mineradora de grande porte situada em Itabira/MG. A amostra analisada foi uma oficina de manutenção de equipamentos de transporte da mineradora.

### **4. Resultados**

Com base nas análises das entrevistas, das observações e dos documentos apresentados pela oficina de manutenção de equipamentos de transporte da mineradora, destacam-se os resultados da implantação do *Lean Manufacturing* ou produção enxuta.

Os pontos destacados pelos entrevistados como importantes no processo de implantação do *Lean Manufacturing* na oficina de manutenção foram: treinamento dos líderes e envolvidos; estabilização do Processo, estabelecimento das condições normais da área, implementação da gestão visual, da rota *Kamishibai* do líder e treinamento em solução de problemas; trabalho padronizado e a busca do aprendizado coletivo.

Cada integrante da equipe tem funções definidas neste processo, sendo o gerente de manutenção, o sponsor do projeto, responsável pela validação das entregas e pela disponibilidade e motivação, já o supervisor de Planejamento e Controle de Manutenção - *PCM* tem a função de assegurar a viabilidade das atividades do cronograma. Os supervisores de execução têm a função de fazer a interface eficiente entre a equipe do projeto e a equipe base, e também, levantar e comunicar possíveis dificuldades e resistências, motivar e envolver a equipe. O técnico especializado atua como coordenador e tem como função fornecer reportes necessários do projeto para a equipe de qualidade e facilitar a execução de atividades previstas. O técnico de planejamento tem a função de apoio metodológico, ou seja, apoiar na solução de problemas surgidos durante o processo e treinamento da equipe na filosofia *Lean Manufacturing*. Os mecânicos têm a função de sugerir e implantar melhorias na área através de experimentação.

É traçado um escopo de reuniões com a equipe de implantação do *Lean*, como ilustrado na Figura 2. Nas reuniões são discutidas as atividades executadas no mês corrente, as atividades programadas para a implantação do *Lean*, o cronograma das atividades e os riscos e ameaças.

Figura 2 – Projeto *Lean Manufacturing* na Oficina de Caminhões

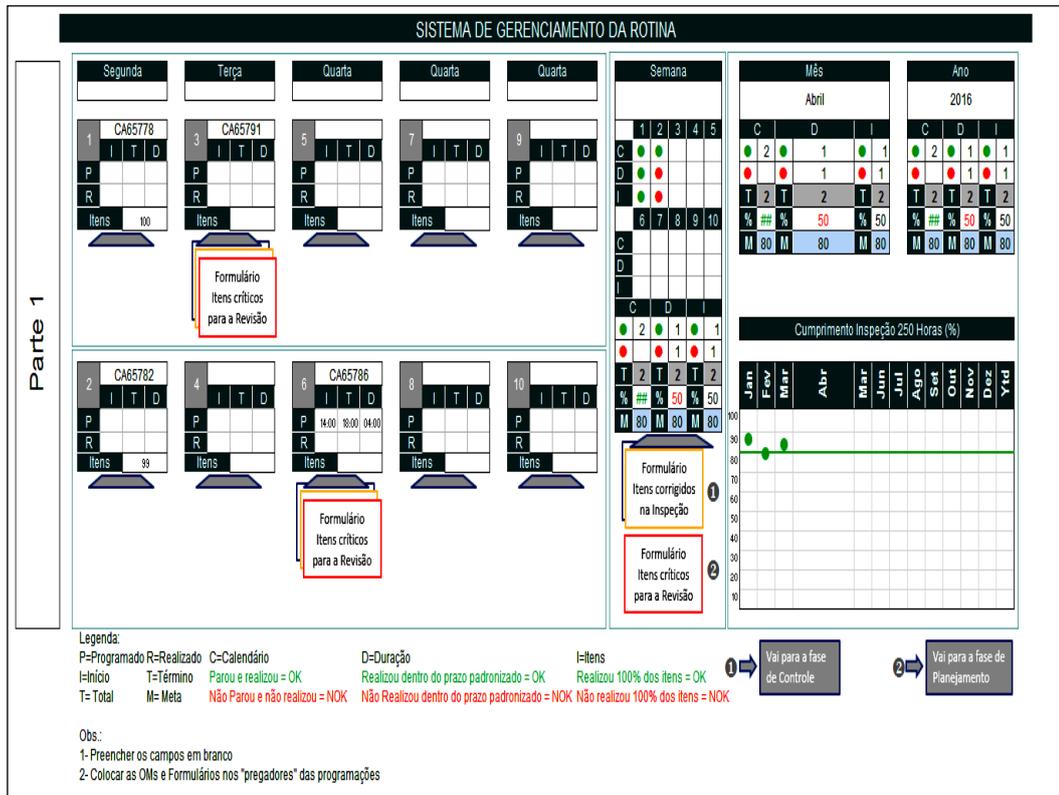
Atividades no Mês Corrente	Cronograma
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisado sequenciamento e interface do plano de inspeção de 250h ;</li> <li>Elaborado padrão visual de acompanhamento da inspeção de 250h;</li> <li>Definido box padrão para a inspeção de 250h ;</li> <li>Acompanhamento da aderência das atividades solicitadas pela inspeção;</li> <li>Estabelecido fluxo para critério de uso do box da inspeção;</li> <li>Realizado treinamento de planejamento e programação;</li> <li>Elaborado o <u>Andon</u> para a programação da frota 793;</li> </ul>	
Atividades Programadas	Riscos / Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>Treinamento dos executantes da inspeção de 250h no sequenciamento;</li> <li>Acompanhamento da inspeção de 250h no box;</li> <li>Construção do <u>Andon</u> da inspeção;</li> <li>Preparação do "kit da inspeção";</li> <li>Validação do cronograma do processo "Execução da Manutenção";</li> <li>Treinamento Alta concordância para a execução;</li> <li>Treinamento Melhorar a execução da manutenção para a execução;</li> <li>Identificação de perdas na revisão de 500h;</li> <li>Validação dos ganhos do projeto;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participação da equipe;</li> <li>Atraso na implantação das ações;</li> </ul>

Outros pontos abordados nesse escopo de reuniões são: busca de sugestões para a melhoria do processo, padronização e implementação da gestão visual com divulgação das melhorias, integração dos líderes, sendo peças importantes para implantação da metodologia, através de incentivos e apoio aos envolvidos.

O controle em relação às atividades de implantação do *Lean Manufacturing* ocorre por meio de cronograma de paradas das inspeções de 250h com as atividades e ações, divididas e compartilhadas entre a equipe de trabalho. O acompanhamento das ações é realizado pelo técnico especializado e checado pelo líder do projeto através da rota *Kamishibai*. As ações são definidas e realizadas em consenso com a equipe do projeto, sendo possível executar uma ação várias vezes até o consenso de todos os envolvidos.

O Quadro 1 apresenta o sistema de gerenciamento da rotina, onde são apresentados os dias da semana com seus respectivos horários para cumprimento da programação.

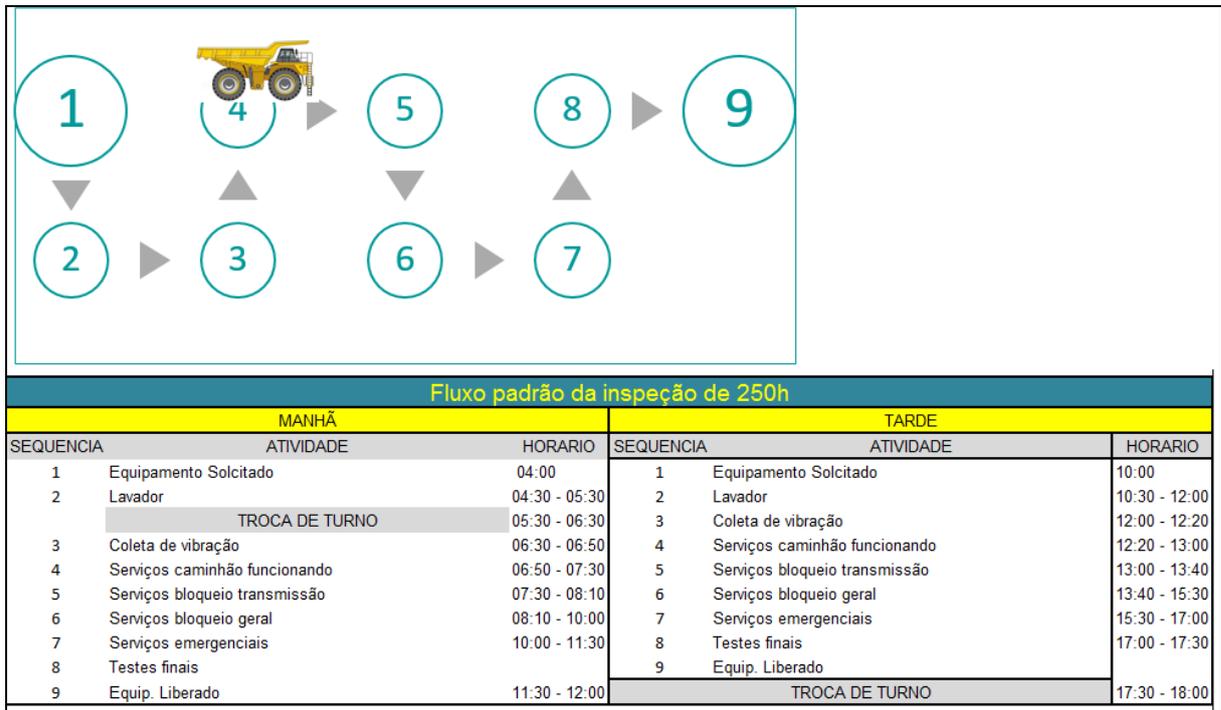
Quadro 1 - Sistema de Gerenciamento da Rotina



O gerenciamento da rotina é dividido em dois turnos, um na parte da manhã e o outro à tarde, com os horários de entrada, de término e duração das atividades de inspeção. Este é um dos controles para verificar as perdas e os atrasos durante a atividade.

O fluxo de inspeção de manutenção em caminhões fora de estrada cuja frequência é de 250 horas, com os horários e os passos das atividades a serem executadas, é representado no Quadro 2.

Quadro 2 - Fluxo padrão de inspeção de 250h



No sistema de Gerenciamento, o fluxo padrão para inspeção de 250h é dividido em dois turnos, um na parte da manhã e o outro à tarde, com os horários de entrada, de término e duração das atividades de inspeção. Neste fluxo são representados os horários e as atividades de forma sequenciada. Este é outro controle utilizado, pela oficina de manutenção, para verificar as perdas e os atrasos durante as atividades.

O mapeamento do fluxo de valor pode ser mensurado como uma ferramenta qualitativa, onde é descrito como uma unidade produtiva deve operar de forma padronizada, para criar o fluxo de valor.

Em concordância com Rother e Shook (1999) aposta que fluxo de valor é todo composto de atividades necessárias a serem executadas que acontece desde a colocação do pedido até a entrega ao consumidor final.

O Quadro 3 apresenta o controle de parada dos equipamento para inspeção de 250hs com o controle de horários de execução.

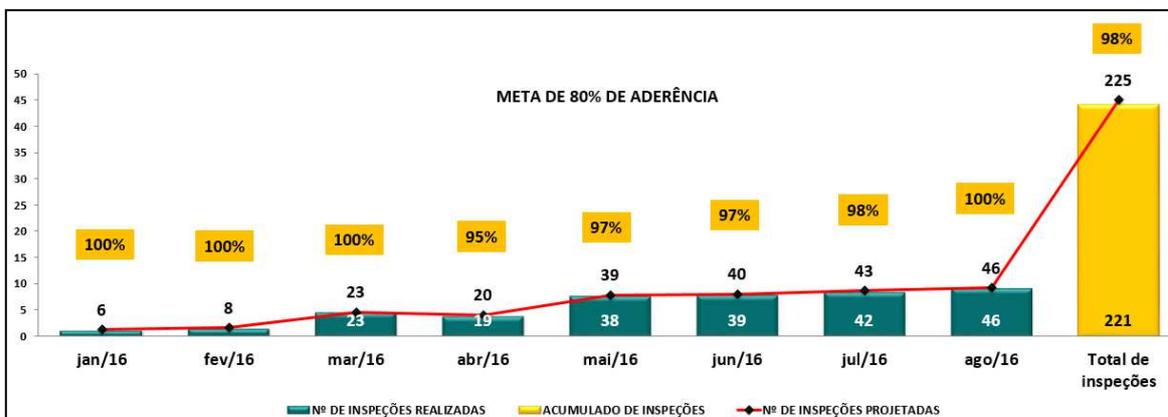
Quadro 3 - Controle de Gestão das Inspeções 250hs

SEMANA 2	MANHA	Segunda 12/09 CA65929				Terça 13/09 CT6160				Quarta 14/09 CA65931				Quinta 15/09 CA65913				Sexta 16/09 CA65786							
		1	I	T	D	3	I	T	D	5	I	T	D	7	I	T	D	9	I	T	D				
		P	04:30	12:00	07:30	P	04:30	12:00	07:30	P	04:30	12:00	07:30	P	04:30	12:00	07:30	P	04:30	12:00	07:30	P	04:30	12:00	07:30
		R	04:24:00	12:00:00	07:36:00	R	04:29:00	12:00:00	07:31:00	R	04:30:00	11:44:00	07:14:00	R	04:23	20:57	16:34:00	R	04:06:00	10:32:00	06:26:00	R	04:06:00	10:32:00	06:26:00
		FAROL	Verde	Verde	Verde	FAROL	Verde	Verde	Verde	FAROL	Verde	Verde	Verde	FAROL	Verde	Vermelho	Vermelho	FAROL	Vermelho	Verde	Verde	FAROL	Vermelho	Verde	Verde
		INS				INS				INS				INS				INS	06:00			INS			
		Segunda 12/09 CA65915				Terça 13/09 CA65934				Quarta 14/09 CA65906				Quinta 15/09 CA65923				Sexta 16/09 CA65914							
		2	I	T	D	4	I	T	D	6	I	T	D	8	I	T	D	10	I	T	D				
		P	10:30	18:00	07:30	P	10:30	18:00	07:30	P	10:30	18:00	07:30	P	10:30	18:00	07:30	P	10:30	18:00	07:30				
		R	10:17:00	20:19:00	10:02:00	R	09:53:00	23:13:00	13:20:00	R	10:32:00	17:28:00	06:56:00	R	10:03:00	16:28:00	06:25:00	R	07:20:00	00:41:00	17:21:00				
FAROL	Verde	Vermelho	Vermelho	FAROL	Vermelho	Vermelho	Vermelho	FAROL	Verde	Verde	Verde	FAROL	Vermelho	Verde	Verde	FAROL	Vermelho	Vermelho	Vermelho						
INS				INS				INS				INS	13:37		*****	INS									

No Quadro 3 é mostrado o controle do gerenciamento da rotina das inspeções de 250hs. Este quadro é disponibilizado para visualização de todos os membros da equipe de manutenção. Observa-se que este quadro contém os horários de início, término e duração das atividades. Um farol verde para condição normal e vermelho para condição anormal também é disponibilizado.

A Figura 3 apresenta o resultado da aderência das paradas de inspeção de 250h, ao longo do ano de 2016.

Figura 3 - Aderência às paradas de inspeção de 250h

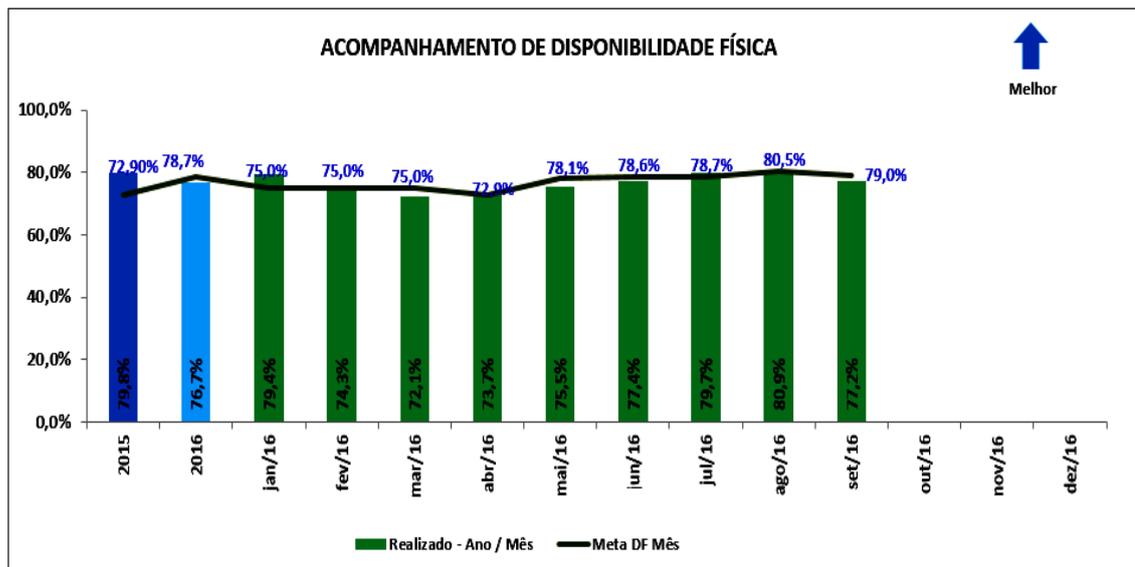


Nota-se, na Figura 3, que de janeiro a abril de 2016 eram programada uma inspeção diária e cinco semanais. Com a aplicação do *Lean* e através do processo de atividades que agregam ou não valor, foi possível dobrar este número de inspeção de cinco para dez paradas semanais.

Na visão dos entrevistados, a implantação do *Lean Manufacturing* no setor analisado trouxe algumas melhorias e vantagens agregadas ao processo de trabalho da oficina de manutenção de equipamentos de transportes.

A Figura 4 apresenta o acompanhamento do indicador de desempenho Disponibilidade Física de 2015 e ao longo do ano de 2016.

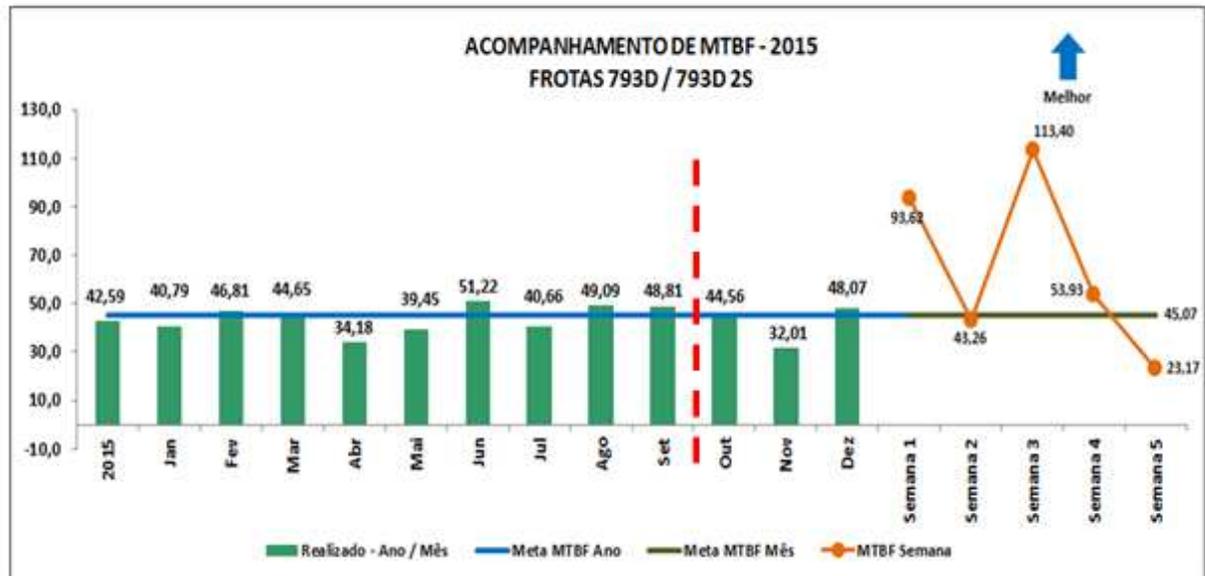
Figura 4 - Acompanhamento de Disponibilidade Física



Observa-se que com a aplicação do *Lean Manufacturing* foi possível manter o indicador sustentável ao longo do ano de 2016, pois além das frotas terem ficado um ano mais velhas, a quantidade de equipamentos para manter também aumentou. No ano de 2015 o parque de ativos eram 45 equipamentos e no ano de 2016, eram de 54 equipamentos. O desafio era conseguir manter os resultados do ano anterior com uma frota mais velha, mais equipamento e a mesma quantidade de recursos do ano de 2015.

O acompanhamento do indicador de desempenho de Tempo Médio Entre Falhas - MTBF de duas frotas de caminhões fora-de-estrada referente ao ano 2015 é representado na Figura 5.

Figura 5 - Acompanhamento de MTBF de frotas de caminhões fora-de-estrada

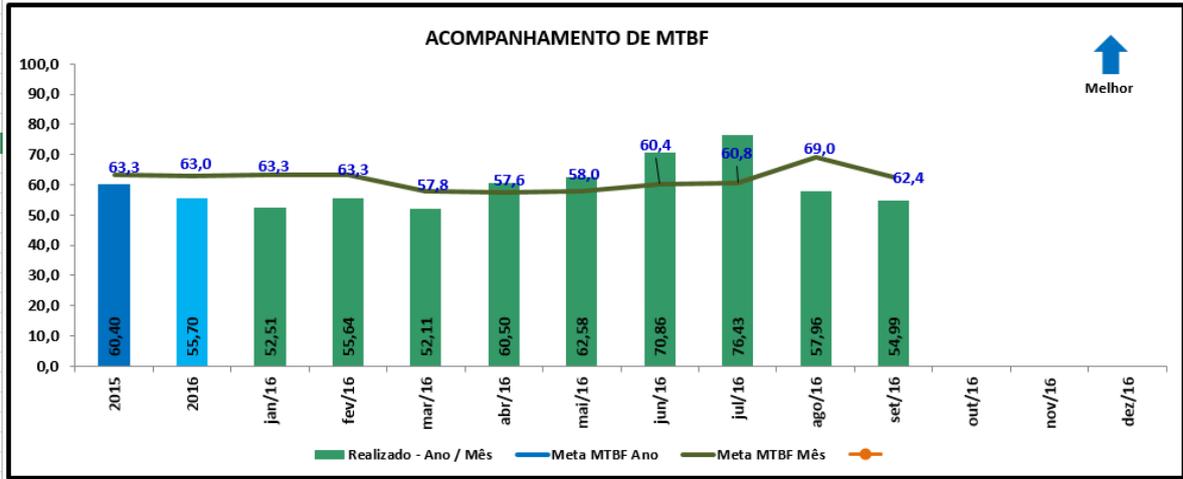


O indicador de desempenho MTBF, representado na Figura 5, mede a confiabilidade de duas frotas de caminhões fora-de-estrada de uma mineradora. Nota-se que o indicador de MTBF ao longo do ano de 2015 ficou abaixo da meta nos meses janeiro, março, abril, maio, julho, outubro e novembro. Nos demais meses o resultado ficou ligeiramente acima da meta, demonstrando uma instabilidade deste indicador nas frotas, motivo que levou a gerência a iniciar o *Lean* nos equipamentos destas frotas e nos demais equipamentos de sua responsabilidade.

Após aplicação do *Lean Manufacturing* na inspeção de manutenção com frequência de 250h notou-se uma estabilidade na frota geral. Com esta iniciativa a inspeção sensível que antes era feita na mina em condições desfavoráveis, agora é feita na oficina, com equipamentos limpos e todos os recursos alocados para execução das atividades.

A Figura 6 apresenta o acompanhamento do indicador de desempenho de Tempo Médio Entre Falhas acumulado no ano 2015 e ao longo do ano de 2016.

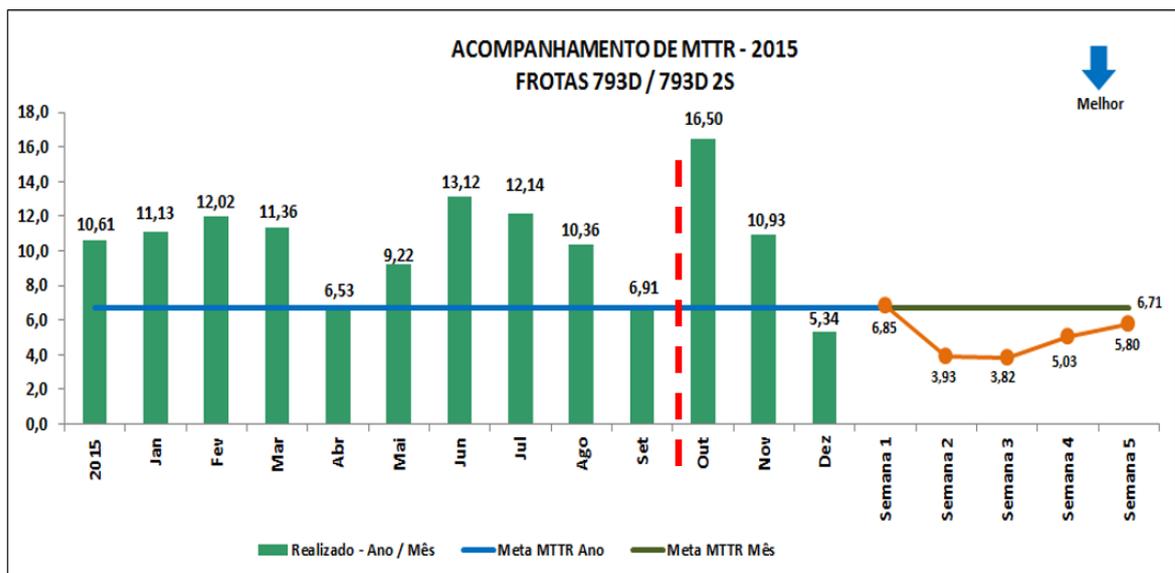
Figura 6 - Acompanhamento do indicador de MTBF



Percebe-se que a partir do mês de março o resultado evoluiu, demonstrando ganho na aplicação do *Lean* na oficina. A queda nos meses de agosto e setembro foi referente a uma falha no motor de um equipamento que permaneceu em manutenção até sua reintegração, afetando no resultado da gerência. Observa-se também um resultado estável ao longo do ano de 2016, demonstrando a qualidade da manutenção.

O acompanhamento do indicador de desempenho de Tempo Médio de Reparo – MTTR de duas frotas de caminhões fora-de-estrada referente ao ano 2015 é representado na Figura 7.

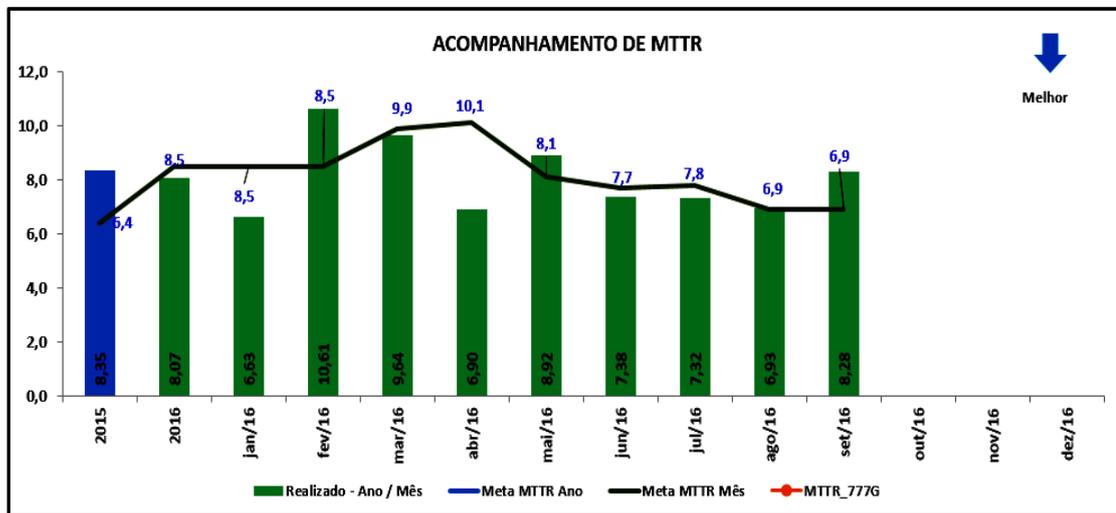
Figura 7 - Acompanhamento de MTBF de frotas de caminhões fora-de-estrada



O indicador de MTTR, representado na Figura 7, indica que ao longo de 2015 apenas nos meses de abril e dezembro apresentou-se dentro da meta, no acúmulo do ano e nos demais meses o tempo de reparo dos equipamentos ficou bem acima do esperado. Outro ponto de atenção é a instabilidade deste indicador ao longo do ano, demonstrando uma falta de sustentabilidade do processo.

Analisando o decorrer do ano de 2016, apresentado na Figura 8, percebe-se que a partir do mês de junho, o indicador MTTR global ficou dentro da meta estabelecida, mostrando uma maior estabilidade desse indicador.

Figura 8 - Acompanhamento do indicador de MTTR



Com a melhora nos indicadores de MTBF e MTTR, além do aumento da produtividade da equipe de manutenção e um ambiente mais adequado para o trabalho, verifica-se uma melhoria na qualidade dos serviços da oficina com a aplicação do *Lean Manufacturing* em seu processo de trabalho.

Corroborando com as análises apresentadas, Liker (2007), afirma que o sistema *Lean Manufacturing* é eficiente, podendo ser aplicado e segmentado em partes específicas da organização por desenvolver inúmeros sistemas de planejamento produtivo, com melhoria contínua da gestão da qualidade.

Corroborando com o estudo, Womack e Jones (1998) relatam que as organizações necessitam cada vez mais reduzirem recursos (esforço humano, equipamentos, tempo, espaço), para melhorarem a produtividade e serem mais competitivas no mercado.

Conclui-se, com este estudo, que a implantação do sistema *Lean Manufacturing* na oficina de manutenção da mina trouxe ganhos para a empresa. Percebe-se um melhor desempenho no setor, apresentando ganhos através da redução dos desperdícios e retrabalho. Verifica-se também a melhoria no clima organizacional, diminuição das falhas operacionais, operações realizadas de forma mais segura e com menos esforço na execução das atividades. Além disso, com a implantação do processo, foi realizada a padronização das atividades de manutenção com ganhos em qualidade e confiabilidade; aplicação de métodos e ferramentas na identificação de problemas e melhoria dos processos de trabalho; organização e limpeza da área. Os treinamentos da equipe proporcionaram conhecimentos em a relação à estabilização do processo, por meio da condição normal x anormal e na criação do mapa de fluxo de valor.

#### **4. Considerações Finais**

No processo de elaboração e implantação do sistema *Lean Manufacturing* é necessário o envolvimento de toda a organização para torná-la operacional. É necessária a realização de um estudo estratégico, uma preparação da alta administração para realização do plano detalhado, incluindo a equipe do projeto e o cronograma de implantação. É importante também que seja feito o acompanhamento e a fiscalização para que a implantação do sistema seja eficaz.

A implantação do sistema na oficina de manutenção da mineradora se deu através de cronograma com as atividades de implantação, gerenciamento, controle e ações de correções nos casos de anormalidades ao sistema *Lean*. A criação da estrutura de funções, o envolvimento da equipe foi essencial na implantação do sistema.

Pode-se perceber, pelos dados fornecidos, que houve ganho efetivo de produtividade, o qual evidencia o resultado positivo da implantação do sistema *Lean Manufacturing* e de suas ferramentas.

#### **REFERÊNCIAS**

CAMPOS, V.F. **Qualidade Total**: Padronização de Empresas. 3.ed. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni, 1994.

LEAN SUMMIT. **Anais de Conferência sobre Lean Production**. Lean Summit. Atlanta, GA, USA, 1999.

LIKER, Jeffrey K. – **O modelo Toyota**: manual de aplicação, Porto Alegre: Bookman 2007.

MONCHY F. A. **A Função Manutenção:** Formação para Gerência da Manutenção Industrial, São Paulo: Durban, 1989.

MOURA, Reinaldo A. **Kanban:** a simplicidade do controle da produção, São Paulo: IMAM, 1989.

OHNO, T. **O sistema toyota de produção.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar:** Mapeando o Fluxo de Valor para agregar valor e eliminar desperdícios. São Paulo: Lean, 1999.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade:** Manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SHINGO, S. **O sistema toyota de produção:** do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

WOMACK, J.P., JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Campus, Rio de Janeiro, 1992.

WOMACK, James P. & JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas:** elimine os desperdícios e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.