

SIX SIGMA PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE EM EQUIPES DE MANUTENÇÃO*

André Luis Martins de Souza ¹
Renata Alessandra Evangelista ²
Alexandre Assis Bueno ³
Marcelo de Paole Miranda ⁴
Pedro de Freitas Silva ⁵
Lucas Oliveira Magalhães ⁶

Resumo

O objetivo do estudo foi medir e aumentar a produtividade das equipes de manutenção - em uma mineradora multinacional - dentro e fora das paradas de manutenção, avaliando os principais fatores que influenciam o indicador e, ainda, reduzir os custos de manutenção referente a contratação de efetivo terceirizado através da inovadora metodologia Six Sigma, para este trabalho utilizou-se um método quantitativo, analítico e experimental. Após a finalização do projeto obteve-se o aumento da produtividade da equipe de manutenção em todos os turnos analisados e os custos foram reduzidos em aproximadamente R\$ 200.000,00 e o tempo para resolver pendências que era de 50,1 dias foi reduzido para 18,1 dias.

Palavras-chave: Manutenção; Six Sigma; Produtividade

SIX SIGMA TO INCREASE PRODUCTIVITY IN MAINTENANCE TEAMS

Abstract

The aim of the study was to measure and increase the productivity of maintenance teams - in a multinational mining company - inside and outside the maintenance shutdowns, evaluating the main factors that influence the indicator, and also reducing maintenance costs related to hiring of personnel Outsourced through the innovative Six Sigma methodology, a quantitative, analytical and experimental method was used for this work. After completion of the project, the productivity of the maintenance team was increased in all the shifts analyzed and costs were reduced by approximately R \$ 200,000.00 and the time to resolve issues that was 50,1 days was reduced to 18,1 day.

Keywords: Maintenance; Six Sigma; Productivity

¹ Engenheiro Industrial Mecânico, Mestrando em Gestão Organizacional - Coordenador de Engenharia, CMOC Brasil Niobras – Ouvidor – Goiás - Brasil.

² Enfermeira, Doutor em Enfermagem Professor Adjunto III UFG – Universidade Federal de Goiás, Catalão – Goiás- Brasil.

³ Enfermeiro- Mestre em Enfermagem- Professor UFG – Univ. Federal de Goiás- Catalão – Goiás

⁴ Engenheiro Químico, Especialista, Coordenador de Melhoria Contínua, CMOC Brasil Niobras – Ouvidor – Goiás-Brasil.

⁵ Administrador, Mestre, Encarregado de manutenção 2, CMOC Brasil Niobras – Ouvidor – Goiás - Brasil.

⁶ Engenheiro Mecatrônico, Especialista, Engenheiro Projetos Sr, CMOC Brasil Niobras – Ouvidor – Goiás – Brasil

1 INTRODUÇÃO

Um fator importante na gestão de manutenção é a medição e controle de indicadores, tendo como função avaliar a tendência do desempenho da equipe de manutenção e identificar alguma necessidade de reajuste. Como tal, existem diversas formas e ferramentas para medir a eficiência das equipes. Todas metodologias são validas e nenhuma deve ser considerada como o único modo de medir a gestão de manutenção. Uma delas é a ferramenta *Six Sigma* e SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Costumer*) as quais apresentam meios de medir a produtividade, rentabilidade, taxa de melhoria, gestão de ideias, qualidade de fornecedores, desvios em processos, crescimento de vendas e outros.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo medir a produtividade das equipes de manutenção dentro e fora das paradas de manutenção, avaliando os principais fatores que influenciam o indicador e, ainda, analisar os custos de manutenção referente a contratação de efetivo terceirizado através da inovadora metodologia *Six Sigma*. Atualmente no ramo de manutenção existem algumas condições essenciais para garantir o baixo custo de manutenção, uma delas é manter a equipe de trabalho com um grau de produtividade igual a 60%, considerado padrão classe mundial.

Desta forma, justifica-se o projeto realizado em uma mineradora multinacional, na qual a gerência de manutenção dispõe do efetivo próprio e contratado para manter as rotinas de serviço, visando garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, com foco em atingir a produção esperada e baixo custo de manutenção.

1.1. REFERENCIAL TEÓRICO

A metodologia *Six Sigma* é definida como uma sistemática ferramenta, altamente disciplinada e centrada na melhoria e otimização de processos e no cliente, requerendo dados e análises estatísticas como forma de medição e melhora o desempenho operacional das organizações, tendo como foco a identificação e eliminação de defeitos relativos às falhas dos processos, direcionando assim, soluções efetivas às causas-raiz dos problemas (TANG et al. 2007).

As origens desta metodologia *Six Sigma* como um padrão de medida, pode-se ser acompanhadas desde Carl Frederick Gauss (1777-1855), ao introduzir o conceito de curva normal. Porém, *Six Sigma* como referência de medição na variação de produtos pode ser analisada desde a década de 1920, quando Walter Shewhart demonstrou que um processo com variação maior ou igual a três sigmas de sua média requeria correção (LAMEIRA, 2017).

Segundo Werkema (2012), em Janeiro de 1987, objetivando se manter competitiva a Motorola iniciou a utilização da metodologia, pois a empresa estava perdendo espaço no mercado em relação aos concorrentes estrangeiros, que conseguiam vender produtos de melhor qualidade a custos inferiores. Desta forma, desenvolveu um novo conceito associando a metodologia à necessidade de uma mudança cultural, tendo ajudado a companhia a atingir grandes resultados. Inicia-se então, o *Six Sigma* usando as etapas MAIC (Measure, Analyse, Improve e Control). Onde a

etapa *Measure* se define como a mensuração do desempenho do processo do negócio envolvido, a etapa *Analyze* tem a função de analisar os dados e o mapeamento para a identificação das causas-raiz dos defeitos e das oportunidades de melhoria, conseqüentemente a etapa *Improve* visa melhorar o processo alvo através da criação de soluções preventivas para os problemas e a etapa *Control* tem a finalidade de implementar ações corretivas e preventivas, controles de desempenho e de melhorias do processo.

Após a aplicação da metodologia a empresa em questão, obteve ganhos de 2,2 bilhões de dólares em projetos implementados (WERKEMA, 2012).

Entretanto, a metodologia foi aperfeiçoada pela empresa GE, liderada por Jack Welch, como estratégia operacional de negócios. A GE posteriormente reconheceu a importância da correta definição dos projetos e adicionou a etapa *Define* que é a definição pelo cliente de suas necessidades, do que é crítico para qualidade do processo e do negócio envolvido, ficando assim a metodologia completa. Dos diversos projetos criados na GE alguns foram relacionados a aumento da produtividade (WERKEMA, 2012).

Contudo, o que é produtividade de mão-de-obra? Segundo Gaither & Frazier (2012) a produtividade de um recurso é obtida pela fórmula:

$$\frac{\text{Quantidade de produtos ou serviços produzidos num intervalo de tempo}}{\text{Quantidade de recursos utilizados}}$$

De acordo com Kanaane (2014) a produtividade individual ou grupal está relacionada as predisposições do trabalhador ou grupo de trabalhadores conciliarem seus objetivos pessoais com os objetivos setoriais e organizacionais. Neste sentido Jager (apud CARVALHO; LOPES & REIMÃO, 2011) sugere que pessoas bem treinadas e organizadas são fatores essenciais para uma boa produtividade nos negócios, pois compreendem o que fazer com toda informação disponibilizada pelas tecnologias de informação e comunicação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Tipo de estudo:

Este estudo se caracteriza com quantitativo, analítico e experimental. Segundo Flick (2013) a pesquisa quantitativa é um procedimento estritamente focado para o objetivo, que visa à objetividade dos seus resultados por meio de uma padronização de todos os passos na medida do possível, e que se postule uma necessidade de provar a veracidade intersubjetiva como a norma principal para a garantir qualidade. Neste sentido Creswell (2010) acrescenta que o método quantitativo é um meio para avaliar teorias objetivas, analisando a relação entre variáveis. Tais variáveis, por sua vez podem ser medidas tipicamente por instrumentos para que os dados numéricos possam ser investigados por procedimentos estatísticos.

Os estudos analíticos se distinguem pela habilidade de realizar previsões para a população de onde a amostra foi retirada e fazer deduções estatísticas pela aplicação de testes de hipótese (FONTELLES, *et al* 2009). Em relação ao caráter experimental, segundo os mesmos autores, o pesquisador participa inteiramente na

condução do fenômeno, método ou do fato avaliado, isto é, atua na causa, modificando-a e, ainda, analisa as mudanças no desfecho, selecionando as variáveis que serão estudadas, definindo a forma de controlar e observar os efeitos sobre o objeto de estudo em condições pré-estabelecidas.

2.2. Local do estudo:

A pesquisa foi realizada em uma empresa de grande porte na região Centro-Oeste, com 03 unidades de beneficiamento de minério, contando com um número de aproximadamente 700 funcionários próprios e 400 terceiros. Dentre os funcionários próprios a equipe de manutenção possui 145 pessoas distribuídos entre os turnos administrativo e rotativo.

2.3. População:

Após a avaliação de duas plantas de beneficiamento e as especialidades de mecânica e elétrica, optou-se pela equipe de mecânica, pois, detectou-se um valor de produtividade menor que a elétrica no período observado.

2.4. Critérios de inclusão:

Ser profissional do quadro próprio, trabalhar em turnos administrativos e rotativos. Entretanto, foram excluídos os profissionais afastados por motivo de doença e período de férias durante a medição.

2.5. Procedimento de coleta dos dados:

Neste estudo utilizou-se o modelo desenvolvido pela família Gilbreth em 1911, com o objetivo de medir os tempos e movimentos das atividades desempenhadas e, conseqüentemente, sua produtividade. Segundo Gaither & Frasier (2012) este modelo de medição consiste na observação e apontamento da execução da tarefa realizada pelo trabalhador. A medição foi realizada através observação e apontamento da execução da tarefa pelo funcionário.

Assim, o apontador observou a equipe que executou o trabalho e preencheu uma planilha própria de medição de produtividade, contendo campos descritos em intervalos de 10 minutos, até completar a jornada de trabalho. Após o preenchimento os dados foram digitados em uma planilha e calculados automaticamente o valor da produtividade obtida pela equipe.

O tempo de medição foi dividido em 10 variáveis, a saber: trabalhando, segurança e refeição; movimento (obtendo peças ou ferramentas); consultando material técnico; diagnóstico do problema; administrativo; limpeza da área; esperando e não produtivo. A coleta ocorreu entre os anos 2015 e 2016. Neste mesmo período foram realizadas aproximadamente 1600 medições. As observações ocorreram em horários previamente agendados com a equipe de supervisão. Todos os indivíduos receberão instruções sobre o estudo.

2.6. Análise dos dados:

Para tabulação dos dados coletados foi criado um banco de dados por meio de dupla digitação em planilha *Excel* e posteriormente foi realizado a análise através da utilização do *Software Mini Tab* versão 17. Ademais, foram realizadas análises de capacidade e normalidade das amostras e, ainda, testes de hipóteses e análises de similaridades entre turnos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. *Define* (Definir):

Através de medições no setor, pode-se observar uma oportunidade de redução do custo de manutenção por intermédio deste indicador - que atualmente gira em torno dos 40% nas atividades planejadas (turno administrativo) e não planejadas (turno rotativo). Foi definido e priorizado o escopo através das análises das medições realizadas em paradas de manutenção e manutenções de rotina em duas plantas de beneficiamento de minério e as especialidades de elétrica e mecânica. Os gráficos a seguir demonstram o motivo da priorização:

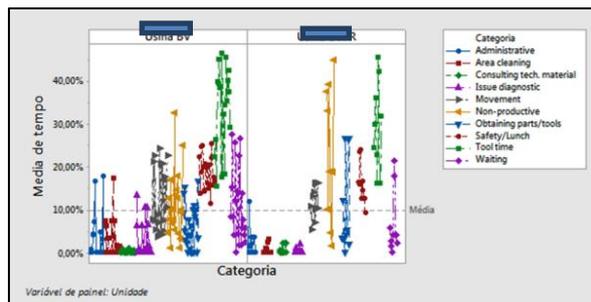


Fig. 01: Análise entre usinas

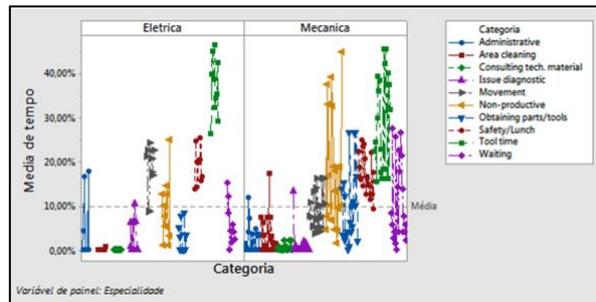


Fig. 02: Análise entre especialidades

Após a análise dos dados do gráfico acima definiu-se que o escopo de avaliação seria a equipe de mecânica da usina mais antiga.

3.2. *Measure* (Medir): No mapeamento do processo identificaram-se os principais atributos (X's) que podem acarretar na perda de produtividade, conforme demonstrado a seguir:

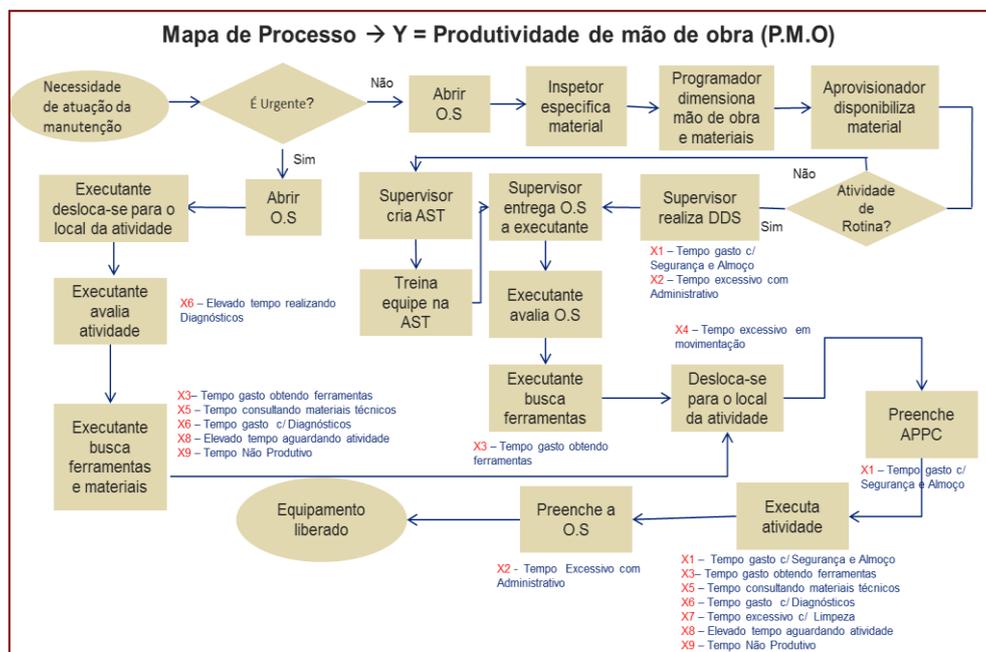


Fig. 03: Fluxograma de processo de manutenção corretiva e preventiva

Fonte: Elaborado pelo autor

No fluxograma foram identificados 9X's importantes para o processo e para complementar o estudo foi utilizada o diagrama de Ishikawa, onde se observou-se

mais 6 atributos impactantes na produtividade. Após esta etapa foi realizada a Matriz de Priorização, destacando os principais fatores: segurança e almoço, deslocamento e aguardando.

Os gráficos a seguir comprovam estatisticamente que o intervalo amostral foi suficiente para a realização das análises, a partir dos testes de normalidade para os turnos e as evidências a não normalidade:

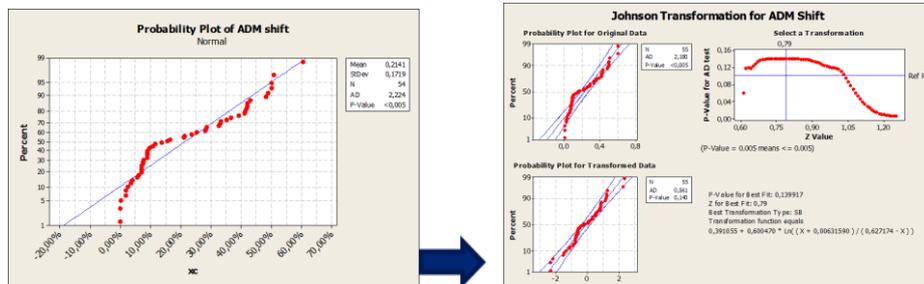
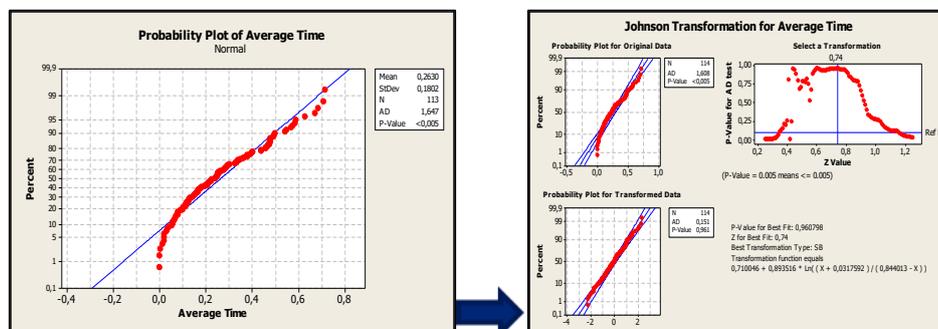


Fig. 04 e 05: Turno Administrativo: dados de utilização não normais (p-value = 0,005)



Figuras 06 e 07: Turnos Rotativos: dados de utilização não normais (p-value = 0,005)

Também foram determinados os níveis de capacidade nos turnos. Assim, a figura 08 demonstra a baixa capacidade do processo e o alto grau de variabilidade e os resultados obtidos ainda estão longe da meta.

Turno Administrativo DPMO = 989.462; Cpk = - 1,16; Nível Sigma = -1,91

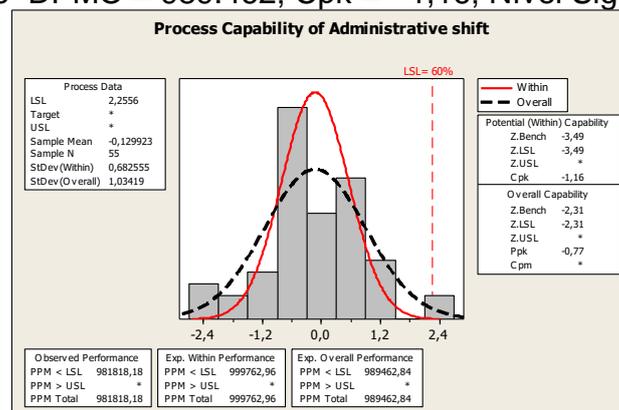


Figura 08: Capacidade – Turno Administrativo

A figura 09 demonstra a baixa capacidade do processo e o grau de variabilidade menor, porém, os resultados obtidos ainda estão longe da meta.

Turno Rotativo ; DPMO = 827.139; Cpk = - 0,34; Nível Sigma = -0,49

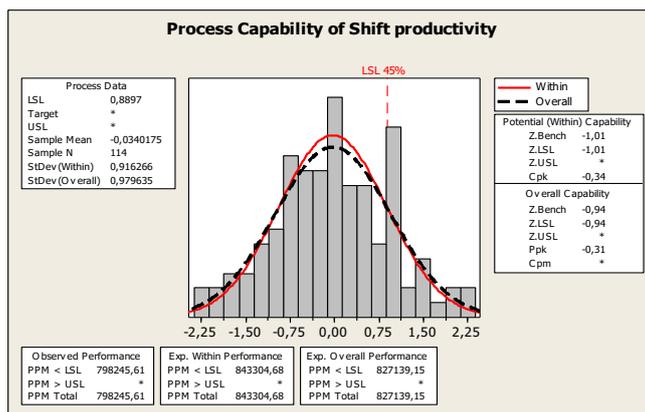


Figura 09: Capacidade – Turnos Rotativos

3.3 Analyse (Analisar):

O gráfico de barras a seguir demonstra os principais desvios ocorridos nos turnos Administrativo e Rotativos:

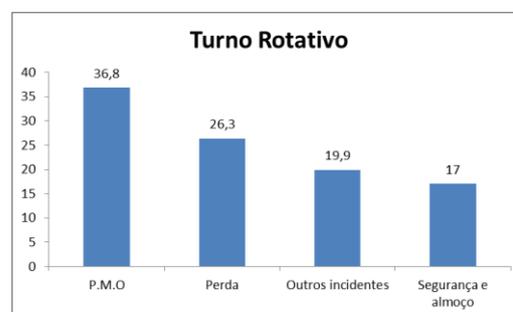
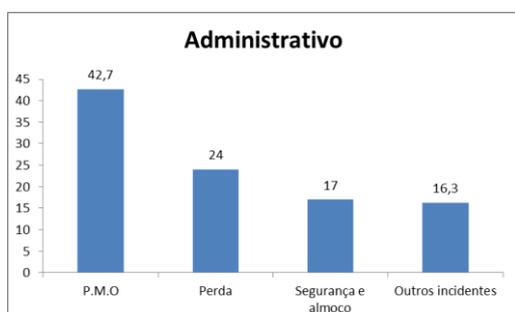


Fig. 10 e 11: Gráfico de Barras- Turnos Administrativo e Rotativos

Onde:

1-PMO: Produtividade de mão-de-obra ; 2-Perda: é somatório das perdas do processo ; 3- Segurança e almoço: é o tempo utilizado pela equipe no momento de almoço e itens de segurança ; 4- Outros incidentes: são tempos disponibilizados para movimentar, obter ferramentas, consultar materiais técnicos.

Os gráficos demonstram a similaridade de produtividade dos turnos. Assim, a perda nos turnos rotativos foi maior que no turno administrativo. Entretanto, a produtividade para o turno administrativo deveria ser maior, pois a estrutura de apoio é maior que nos turnos rotativos. Os gráficos a seguir demonstram as diferenças entre turnos Administrativo e Rotativos (01, 02, 03) de uma maneira menos abrangente:

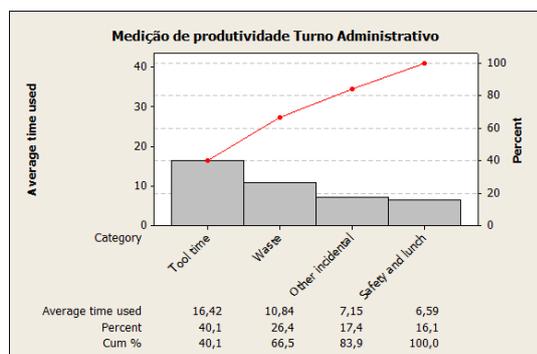


Fig. 12: Gráfico de Pareto

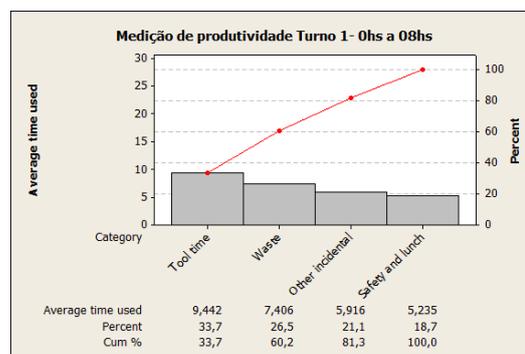


Fig. 13: Gráfico de Pareto

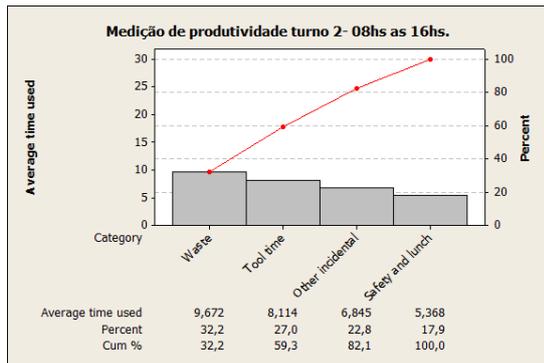


Fig. 14: Gráfico de Pareto

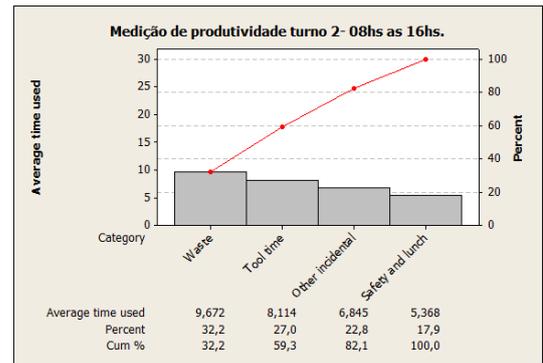


Fig. 15: Gráfico de Pareto

Esta comparação define qual turno possui maior produtividade e auxilia na tomada decisão ou avaliação de melhores práticas. Os gráficos abaixo demonstram o detalhamento e as diferenças entre turnos consolidados, a saber:

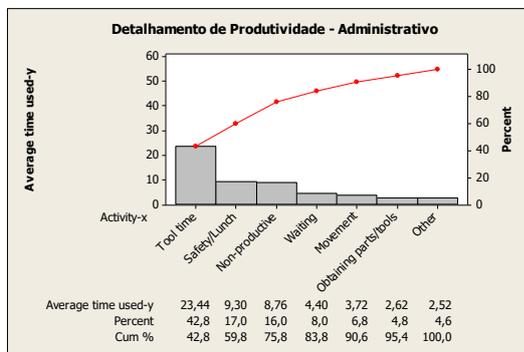


Fig. 16: Produtividade - Turno Administrativo

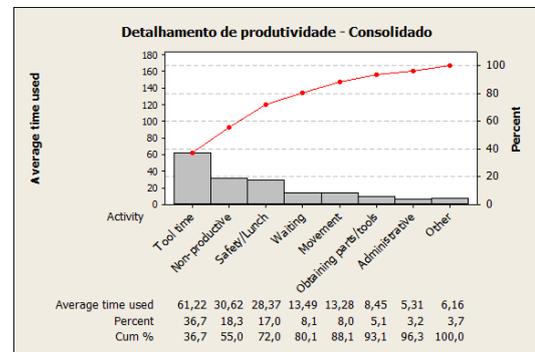


Fig. 17: Produtividade - Turnos Rotativos

Analisando os gráficos detalhados observamos que o fator de improdutividade foi maior nos turnos Rotativos que no turno Administrativo. Os gráficos a seguir demonstram detalhadamente a medição da produtividade nos turnos Administrativo e Rotativo (01, 02, 03):

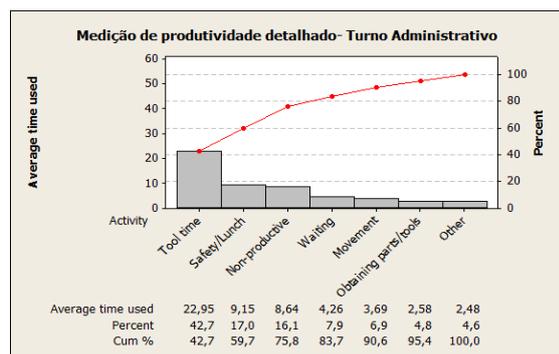


Fig. 18: Produtividade-Turno Administrativo

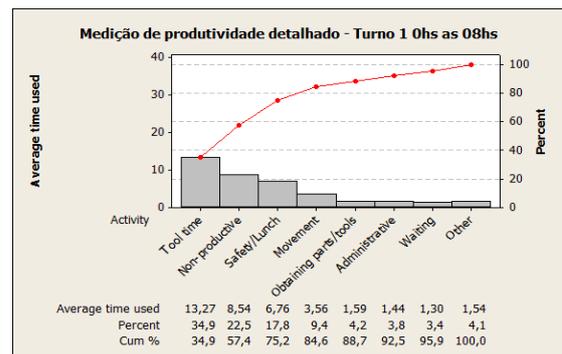


Fig. 19: Produtividade - Turno Rotativo 01

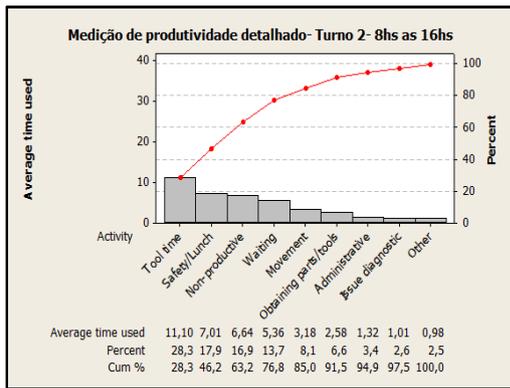


Fig. 20: Produtividade -Turno Rotativo 02

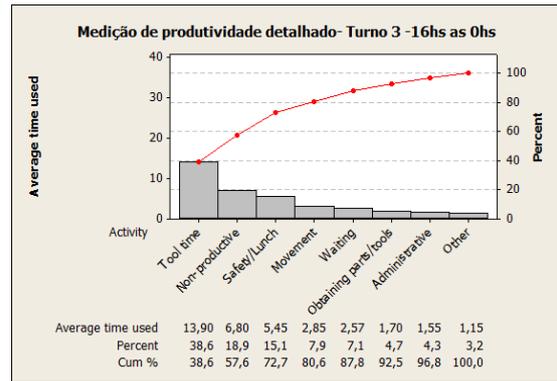


Fig. 21: Produtividade - Turno Rotativo 03

Os gráficos a seguir demonstram os modos de falhas:

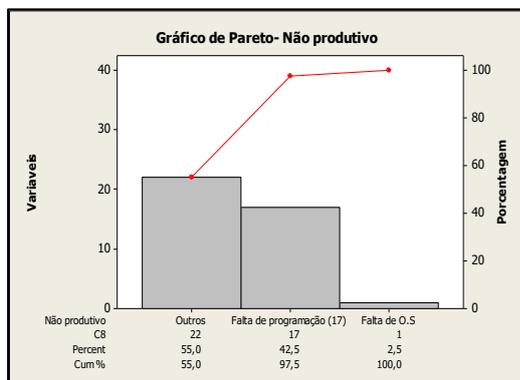


Fig.22: Modos de Falhas – Não Produtivo

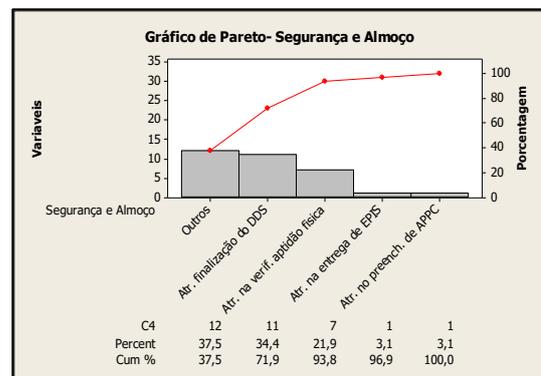


Fig. 23: Modos de Falhas – Segurança e Almoço

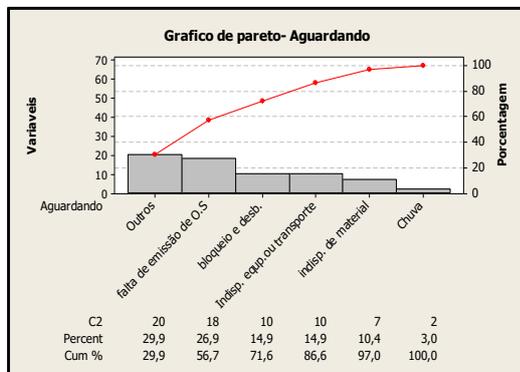


Fig.24: Modos de Falhas–Aguardando

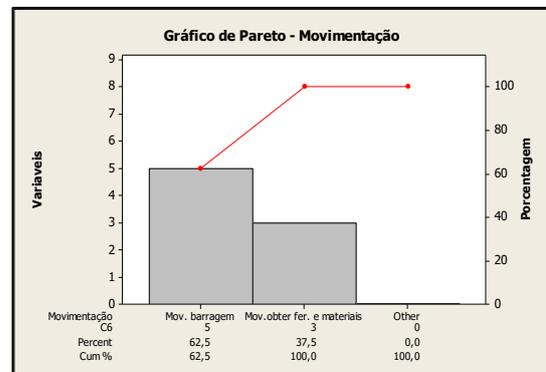


Fig. 25: Modos de Falhas– Movimentação

Com uma análise mais detalhada dos modos de falha foi possível entender os motivos das horas improdutivas de cada variável.

3.4. Improve (Melhorar)

Baseado nos resultados das análises foi feita uma reunião para consolidação de ações para aumento da produtividade, utilizamos as ferramentas de qualidade *Brainstorming* e *5W2H*. As tabelas geradas pelo *Brainstorming* e as ações previstas são demonstradas a seguir:

Tabela 1. Brainstorming

X1 = Tempo gasto c/ Segurança e almoço	X4 = Tempo excessivo em movimentação	X8 = Elevado tempo aguardando atividade	X9 = Tempo Não produtivo (ocioso)	Outras ideias relacionadas à gestão
Acabar com o DDS – Geral	Unir turnos na oficina	Rever programação semanal	Programar 100% do turno	Criar metodologia acompanhamento do indicador
Informar a equipe o tempo disponível para refeições	Rever programação semanal	Rever estratégia do turno	Rever programação semanal	Rever estratégia do turno
Bloco de APPC preenchido para ativ. do turno	Redistribuir mecânicos no turno	Distribuição da O.S pela supervisão	Distribuição da O.S pela supervisão	Distribuição da O.S pela supervisão
		Implementação da programação diária	Implementação da programação diária	Instituir liderança do turno
		Instituir liderança do turno	Instituir liderança do turno	Coordenador controlar diariamente programação
		Coordenador controlar diariamente programação	Alinhar com a equipe de execução o retorno diário da O.S	Medir prod. x qualidade
			Instituir escaninho nominal das O.S	Rever fluxo de planejamento e priorização
				Apresentar estatística a supervisão mensalmente

3.4.1 Principais ações realizadas:

Após o brainstorming e foi criado um plano de ação com o intuito de aumentar a produtividade da equipe.

Tabela 2. Ações previstas

ID	Ações Previstas	Data de Conclusão	Responsável
1	Programar 100% do turno	30/07/2015	Coord. de Planejamento
2	Rever programação semanal	30/07/2015	Coord. de Planejamento
3	Implementação da programação diária (prever mão de obra para preparação no dia anterior)	30/07/2015	Coord. de Planejamento
4	Estudar forma de abertura e fechamento de O.S	30/07/2015	Coord. de Planejamento

5	Acabar com o DDs geral – somente executar caso específico.	10/07/2015	Coord. de Planejamento
6	Criar sistema de protocolo para entrega diaria de O.S	25/08/2015	Coord. de Planejamento
6	Rever fluxo de planejamento e priorização do turno	27/08/2015	Coord. de Execução
7	Rever estratégia de turno e Estabelecer governança no turno	30/08/2015	Coord. de Execução
8	Distribuição das O.S para equipe pela supervisão	30/07/2015	Coord. de Execução
9	Alinhar com a equipe de execução para o retorno diario das O.S de serviço executado a equipe de planejamento	20/07/2015	Coord. de Execução
10	Redistribuir mecânicos no turno (equipe única de turno não considerar por área)	30/08/2015	Coord. de Execução
11	Instituir liderança no turno	30/08/2015	Coord. de Execução
12	Unir turnos na oficina(disciplina)	30/08/2015	Coord. de Execução
13	Coordenador controlar diariamente a programação	13/07/2015	Coord. de Execução
14	Bloco de APPC preenchido e O.S para equipe do turno	27/08/2015	Coord. de Execução
15	Realizar Brainstorming com a Gerencia, coordenação e equipe	26/05/2015	Coord. de Engenharia
15	Treinamento com a supervisão sobre medição	15/06/2015	Coord. de Engenharia
16	Apresentar estatística para a supervisão	15/06/2015	Coord. de Engenharia
17	Transferir parte do serviço terceirizado para atuação somente em ACA e reduzir o valor orçado no 626 em R\$20k mês	15/06/2015	Coord. de Engenharia
18	Medir produtividade x qualidade	30/08/2015	Coord. de Engenharia
19	Instituir escaninho nominal da O.S	22/07/2015	Coord. de Engenharia
20	Criar metodologia de acompanhamento do indicador medição	13/07/2015	Coord. de Engenharia

3.5. Control (Controlar)

Após os resultados foram gerados as lista de ações para garantir o resultado, esta lista é demonstrada abaixo:

- Indicador de produtividade oficializado como indicador de manutenção → reuniões de performance;
- Indicadores de produtividade são mostrados nas reuniões semanais de manutenção
- Fóruns específicos entre as coordenação de planejamento e execução para discussão do indicador;
- Treinamento dos planejadores na ferramenta de medição;
- Auditorias nas medições e controle do indicador;
- Coordenador controlar diariamente programação.

4. Conclusões

Após a implementação das atividades de alto impacto previsto no plano de ação, percebe-se a elevação da produtividade da equipe de manutenção em todos os turnos analisados. A PMO do turno administrativo elevou-se em 18% alcançando o

índice médio de 50,8%. Em relação aos turnos rotativos a PMO elevou-se em 23% alcançando o índice médio de 43,3%. Já os níveis de capacidade também se elevaram durante e após a implementação das ações.

Outro fator importante são os tempos improdutivos que foram reduzidos após as implementações das ações. Assim, pode-se observar que as mudanças são gradativas desde o momento do início das implementações das ações até o fim.

Este trabalho também demonstrou ganhos nas áreas de custos e lista de pendências (*backlog*) da manutenção. Em relação ao período de implantação os custos foram reduzidos em aproximadamente R\$ 200.000,00 e o valor do *backlog* que antes da implementação era de 50,1 foi reduzido a 18,1 dias.

Após a finalização deste estudo, sugere-se expandir a medição para os grupos de trabalho de elétrica e instrumentação; medir a equipe atuante em outra planta de beneficiamento com capacidade produtiva maior; implementar a medição do indicador para empresas terceirizadas; adaptar o padrão de medição para a serviços de montagens de andaimes, equipamentos de içamento; inserir nos contratos futuros o pagamento do serviço considerando a produtividade.

REFERÊNCIAS

- 1 CARVALHO, J. E; LOPES, J. A. A; REIMÃO, C. M. **Inovação, Decisão e Ética: Trilogia para a gestão das organizações**. Lisboa, Edições Silabo: 2011
- 2 CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3º Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2009.
- 3 FLICK, U. **Introdução a metodologia de pesquisa: Um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Editora Penso, 2013.
- 4 FONTELLES, *et al* 2009. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa**. Revista Paraense de Medicina, set. 2009.
- 5 GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8º Ed. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2012.
- 6 KANAANE, R. **Comportamento Humano nas Organizações- O Homem rumo ao século XXI**. 2º Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.
- 7 SixSigmaBrasil.com.br.[homepage na internet]. A Historia do Six Sigma [acesso em 15 abr2017]. Disponível em http://www.sixsigmabrasil.com.br/pag_metodologia.html
- 8 TANG, L.C.; Goh, T.N.; Lam, S.W. and Zhang, C.W. (2007) Fortification of Six Sigma: Expanding the DMAIC Toolset. *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.23, pp.3-18. <http://dx.doi.org/10.1002/qre.822>
- 9 WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean Six Sigma**. 3º Ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.