

Aplicação de Lean Manufacturing para aumento de excelência operacional: Um estudo de caso em uma empresa do setor de mineração

Application of Lean Manufacturing to increase operational excellence: A case study in a company in the mining

Aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la excelencia operativa: Un caso de estudio en una empresa del sector minero

Recebido: 20/12/2023 | Revisado: 27/12/2023 | Aceitado: 28/12/2023 | Publicado: 30/12/2023

Marilana Gabriela Urzêdo Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9956-9400>

Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lane.gabriela@yahoo.com.br

Joilson Silva Marcossi

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8597-3494>

Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: joilsonmarcossi2@gmail.com

Natália Fernanda Santos Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9686-8573>

Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: natsantos23@gmail.com

Resumo

O presente artigo compreende um estudo sobre a *aplicação da metodologia Lean Manufacturing (LM)* juntamente com a ferramenta *Kaizen* para desenvolvimento dos projetos de melhoria contínua em uma empresa de mineração. O principal objetivo do estudo foi o aumento da disponibilidade física de equipamentos em uma mina de grande porte, referente a frota de infraestrutura, mais precisamente tratores de esteiras. Como caracterização da pesquisa, pode-se classificá-la como um estudo de caso de natureza aplicada, com objetivo descritivo. Com a aplicação desta metodologia, percebeu-se um engajamento maior dos funcionários em suas ações de melhoria dentro da empresa, onde eles entenderam diretamente o seu papel em cada etapa do processo de produção agregando assim, valor ao produto. Através do desenvolvimento desse projeto foi possível motivar os funcionários a melhorarem seu ambiente de trabalho e descobrir formas diferenciadas de executar suas atividades, trazendo assim um reconhecimento maior por parte dos demais funcionários e liderança, desenvolvendo profissionais qualificados e capacitados para o ambiente de trabalho.

Palavras-chave: Kaizen; Melhoria contínua; Qualidade; Lean manufacturing.

Abstract

This article comprises a study on the application of the Lean Manufacturing (LM) methodology together with the Kaizen tool for developing continuous improvement projects in a mining company. The main objective of the study was to increase the physical availability of equipment in a large mine, referring to the infrastructure fleet, more precisely tracked tractors. As a characterization of the research, it can be classified as a case study of an applied nature, with a descriptive objective. By applying this methodology, we see greater employee engagement in their improvement actions within the company, where they directly understand their role in each stage of the production process, thus adding value to the product. Through the development of this project, it was possible to motivate employees to improve their work environment and discover different ways of carrying out their activities, thus bringing greater recognition from other employees and leadership, developing professionals brought and trained to the work environment.

Keywords: Kaizen; Continuous improvement; Quality; Lean manufacturing.

Resumen

Este artículo comprende un estudio sobre la aplicación de la metodología Lean Manufacturing (LM) junto con la herramienta Kaizen para el desarrollo de proyectos de mejora continua en una empresa minera. El principal objetivo del estudio fue aumentar la disponibilidad física de equipos en una gran mina, en referencia a la flota de infraestructura, más precisamente tractores de orugas. Como caracterización de la investigación, se puede clasificar como un estudio de caso de carácter aplicado, con objetivo descriptivo. Con la aplicación de esta metodología se notó un mayor compromiso de los empleados en sus acciones de mejora dentro de la empresa, donde comprendieron directamente su rol en cada etapa del proceso productivo, agregando así valor al producto. A través del desarrollo de este proyecto se logró motivar a los colaboradores a mejorar su clima laboral y descubrir diferentes formas de realizar sus actividades, trayendo así un

mayor reconocimiento por parte de los demás colaboradores y del liderazgo, desarrollando profesionales calificados y calificados para el ambiente laboral.

Palabras clave: Kaizen; Mejora continua; Calidad; Lean manufacturing.

1. Introdução

Nos dias atuais, a grande preocupação das empresas é em como ela pode se tornar mais competitiva no mercado. Seja através de projetos de inovação, reduzindo custos, elucidando formas de garantir a qualidade dos seus produtos para que assim consiga atender as necessidades de seus clientes.

Para Womack et al. (1992), após a segunda guerra mundial, a indústria japonesa desenvolveu um conjunto de novas práticas de manufatura que alavancaram sua competitividade global: trata-se das técnicas da produção enxuta tais como: 5S, Kaizen, Kanban, dentre outras.

De acordo com Womack et al. (1992), a produção enxuta (Lean) combina as vantagens da produção manual e em massa, evitando os altos custos da primeira e a rigidez da segunda. Para isso, o Lean Manufacturing (LM) emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, bem como máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir uma ampla variedade de produtos de alto volume.

O setor de mineração é um dos principais pilares da indústria do país e seu desempenho é a base do crescimento econômico do Brasil. As mineradoras precisam superar diversos desafios que visam aumentar a produtividade, o controle operacional, redução de custos e melhora do desempenho (IPEA, 2009).

Baseando-se na aplicação de métodos científicos, garantindo o melhor custo-benefício do sistema produtivo, buscando renovação da indústria, faz-se uso de algumas ferramentas para otimizar o processo produtivo nas empresas como por exemplo o Kaizen que é uma ferramenta simples e de fácil aplicação, que auxilia os gestores a otimizarem os processos e alcançar os objetivos da empresa. O mais interessante dessa ferramenta, é que a mesma pode ser utilizada para otimizar processos em todos os níveis da organização (CAE, 2023).

É importante notar algumas publicações acadêmicas relacionadas a melhorias e resultados alcançados, com a aplicação da metodologia kaizen como abordados pelos autores Fonseca et al. (2016). Estes estudos trazem exemplos claros de como a metodologia Kaizen corretamente aplicada pode trazer ganhos diretamente relacionados a eficiência operacional, pois promovem a integração de todo o grupo, onde todos podem contribuir de alguma forma sugerindo ideias de melhoria contínua. Destacando que a maioria dos ganhos com a implementação da ferramenta kaizen é o setor operacional, pois os funcionários lidam diretamente com o processo.

O estudo foi realizado em uma mineradora brasileira, situada no Quadrilátero Ferrífero, segunda maior exportadora de minério de ferro do Brasil e a sexta no mundo, com lucro líquido de aproximadamente 494 milhões de reais no segundo trimestre de 2023 segundo Infomoney (2023) e que atua em diversos segmentos de negócio como mineração, siderurgia, logística, cimento e energia.

A problemática está relacionada a interdependência do processo de torque. O torque segundo Hibbler (2017) “é a propensão de um corpo para girar em torno de um ponto de rotação”. Esse processo era feito por empresa contratada, por meio da programação de serviço.

A atividade de torque é realizada durante a troca das esteiras dos equipamentos de infraestrutura de grande porte como tratores e perfuratrizes. Sendo o processo de torque feito por empresa terceira, que atende as demais frotas de equipamentos da empresa como escavadeiras e caminhões fora de estrada. A demora no atendimento impactava diretamente no tempo de parada dos equipamentos como também na improdutividade da equipe de manutenção que necessitava aguardar a execução do serviço de torque para continuidade nas demais atividades.

O objetivo deste estudo de caso foi evidenciar como a aplicação da metodologia LM apoiada pela filosofia Kaizen para a solução do problema pode trazer resultados satisfatórios para a melhoria dos processos. Detectando oportunidades de melhoria para processos existentes ou para novos. Buscou evidenciar os resultados obtidos na aplicação das ferramentas citadas na solução do problema garantindo confiabilidade e autonomia no processo de torque. Essas melhorias permitiram mais agilidade na liberação dos equipamentos, sendo estes cruciais para manutenção das praças de perfuração, criação de vias de acesso e acerto da pilha do estoque estratégico na principal atividade desenvolvida pela empresa referida no estudo.

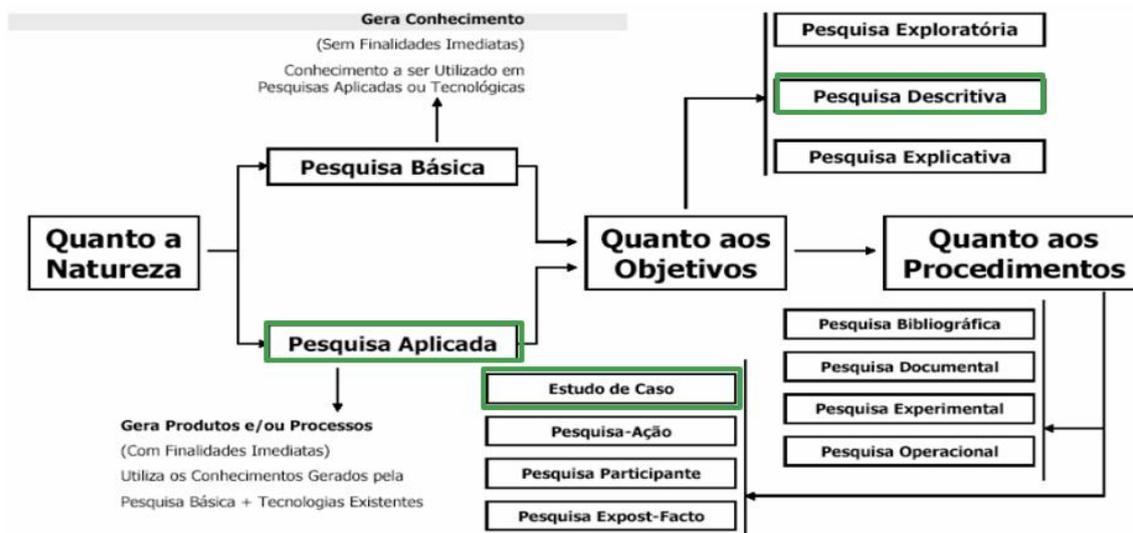
2. Metodologia

Segundo Silva e Menezes (2005), a metodologia direciona a forma de se fazer uma pesquisa para que haja reflexão e análise com objetivo de ampliar horizontes para isso, são necessários novos pensamentos para agregar valor ao desenvolvimento da pesquisa.

Como caracterização da pesquisa, pode-se classificá-la como um estudo de caso de natureza aplicada, com objetivo descritivo.

De acordo com Martins (2017), “o estudo de caso se propõe a identificar um problema, analisar as evidências, desenvolver argumentos lógicos, avaliar e propor sugestões”. A Figura 1 retrata a definição da metodologia para esta pesquisa.

Figura 1 - Definição da metodologia da pesquisa, onde classificou-se o tipo da pesquisa quanto à sua natureza, os seus objetivos e quanto aos procedimentos para realização dela. Fonte: Adaptado de Silva (2004) apud Prodanov e Ernani (2013).



Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

O estudo de caso foi desenvolvido no setor de manutenção de equipamentos de infraestrutura da mina, precisamente analisando a troca de esteiras dos tratores de grande porte. O objetivo da pesquisa foi encontrar uma forma de reduzir as paradas não programadas dos tratores em uma empresa de mineração. Essas paradas têm um impacto significativo nos custos operacionais, especialmente relacionados às manutenções não programadas.

O estudo foi desenvolvido junto a 02 supervisores, 05 mecânicos, 01 engenheiro, 01 coordenador e o gerente do setor. Houve também o uso de informações extraídas dos controles internos da empresa para ilustração dos processos, análises estatísticas e criação dos gráficos.

Os passos para implantação seguem criteriosamente as etapas do ciclo PDCA com orientação de um analista de qualidade que a empresa disponibilizou para atuar como consultor durante todas as etapas do projeto sendo descritas conforme Figura 2.

Figura 2 - Fluxo do estudo de caso baseado no ciclo PDCA (condução do projeto).

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema e definição da meta geral	Entender claramente o problema e definir meta geral exequível.
	2	Análise do Fenômeno com estratificação e definição dos focos	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista
	3	Análise do Processo variação dos focos	Analisar, descobrir e comprovar estatisticamente as causas raízes do problema.
	4	Priorização e comprovação das com estabelecimento do plano de ação	Estruturar um plano de ação e priorizar aquelas primordiais para bloquear as causas raízes do problema
D	5	Execução do Plano de ação	Implantar as ações conforme definição e priorização no plano de ação.
C	6	Verificação dos resultados	Verificar se as ações implantadas foram efetivas e mensurar os ganhos.
	?	O bloqueio das causas do problema foram efetivos?	Identificar possíveis falhas na identificação das causas e definição de ações.
A	8	Padronização	Garantir a sustentabilidade do projeto prevenindo o reaparecimento do problema.
	9	Conclusão	Rever todo o processo de solução do problema e replicar para outros setores.

Fonte: Adaptado Campos (2004).

Referente a metodologia PDCA segue o passo a passo utilizado para implementação do trabalho conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Ferramentas utilizadas para a execução do PDCA.

P	Identificar o problema	Brainstorming
	Analisar o fenômeno	Análise do indicador MTTR e de solicitações de atividade de torque via SAP e tratado via excel
	Elaboração do plano de ação	5W2H
D	Execução do plano de ação	Feito pesquisa de mercado
		Cadastrada ferramenta de torque no setor de compras
		Compra efetiva da ferramenta de torque
C	Verificação de eficácia	Análise do indicador MTTR e do nº de solicitações de atividade de torque via SAP e tratado via excel
		Levantamento dos ganhos financeiros
A	Padronizar o processo	Criação do procedimento operacional para uso da ferramenta de torque
	Educar e treinar	Treinamento operacional para os empregados autorizados a utilizarem a ferramenta de torque

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto a ferramenta Kaizen, podemos evidenciar nesse trabalho, a visão de oportunidade e melhoria de um processo que era considerado preocupante na oficina, visto que os empregados ficavam ociosos, aguardando a execução da atividade e com a implantação desse trabalho, a atividade pode ser executada pelos próprios empregados da empresa estudada.

Referente a aplicação da metodologia Lean empregada, podemos destacar que com a implantação do trabalho eliminou principalmente desperdício de espera, já que a atividade de torque das esteiras dos tratores de grande porte é feita pelos próprios empregados.

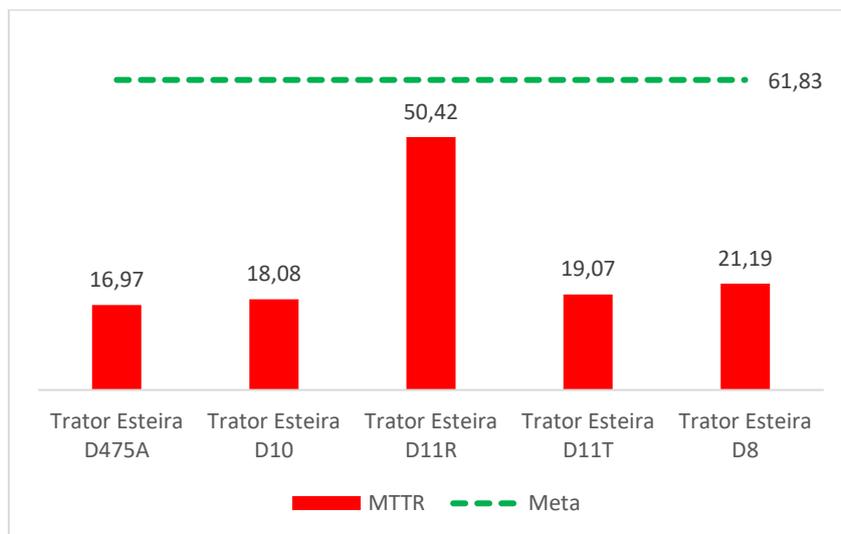
Para o setor estudado, o problema prioritário a ser solucionado é a dependência do processo de torque que é executado por empresa contratada o que acarreta a improdutividade da equipe devido à falta de autonomia nesta etapa da atividade e no impacto no indicador “Mean Time To Repair” (MTTR) ou “Tempo médio entre reparos” para os casos de manutenção corretiva.

Mesmo com a aplicação da estratégia de planejamento de execução dessas atividades de torque, somente em manutenções programadas, havia demora e morosidade para execução, visto que dependia de profissionais externos habilitados.

No setor estudado, a seleção do problema foi realizada através de análise de viabilidade ao identificar que a demora na execução da atividade de torque por empresa contratada impactava diretamente na liberação dos equipamentos, gerando déficits nas metas de produção pré-estabelecidas pela empresa.

Desta forma, com base no histórico do comportamento do indicador MTTR durante o período de estudo para a frota de equipamentos de esteiras (Figura 3), pode -se perceber a baixa confiabilidade do indicador que, mesmo com os diferentes modelos de equipamentos da frota nenhum deles atingia a meta de permanecer mais que 61,83 horas sem a necessidade de execução da atividade de torqueamento das esteiras, em fluxo de atividades não programadas pela equipe de planejamento da empresa, aliado ao alto número de solicitações de serviço de torque para as esteiras feitas à empresa contratada entre os meses de janeiro à outubro de 2020 foi suficiente para validar o estudo de viabilidade para a compra da ferramenta de torque e assim, tornar o processo de torque autônomo, sendo executado pela própria empresa do estudo.

Figura 3 – Comportamento (baixa confiabilidade) do indicador MTTR no período de estudo, para os diferentes modelos de equipamentos da frota.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados quantitativos das solicitações de serviço para execução da atividade de torque por empresa contratada foram coletados em um período de 10 meses, de janeiro/ 2020 a outubro/ 2020. A base de dados utilizada para a análise de viabilidade do projeto, foi o banco de dados do sistema SAP. Através de relatórios emitidos pelo próprio sistema, pôde-se compilar as

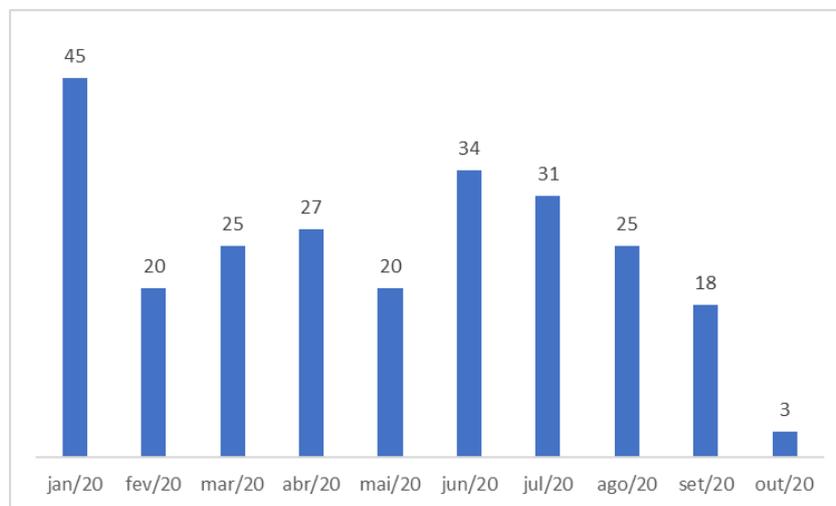
informações do quantitativo de solicitações de ordem de serviço para execução da atividade de torqueamento. Para a compra da ferramenta de torque e implantação do projeto, foi realizado pesquisa de mercado e consultoria junto aos fornecedores elegíveis.

Por meio do estudo de viabilidade foi possível identificar os principais impactos:

- Atrasos operacionais na liberação do equipamento;
- Dependência de empresa externa para execução do serviço;
- Desperdício de espera e inatividade de mão-de-obra.

O estudo de viabilidade foi primordial para embasar a solicitação de compra da ferramenta que possibilitaria tornar o processo de torque autônomo. Observa que durante os meses de estudo foram realizadas um total de 248 solicitações à empresa contratada para a execução da atividade de torqueamento antes da chegada da 1ª ferramenta, conforme apresentado na Figura 4.

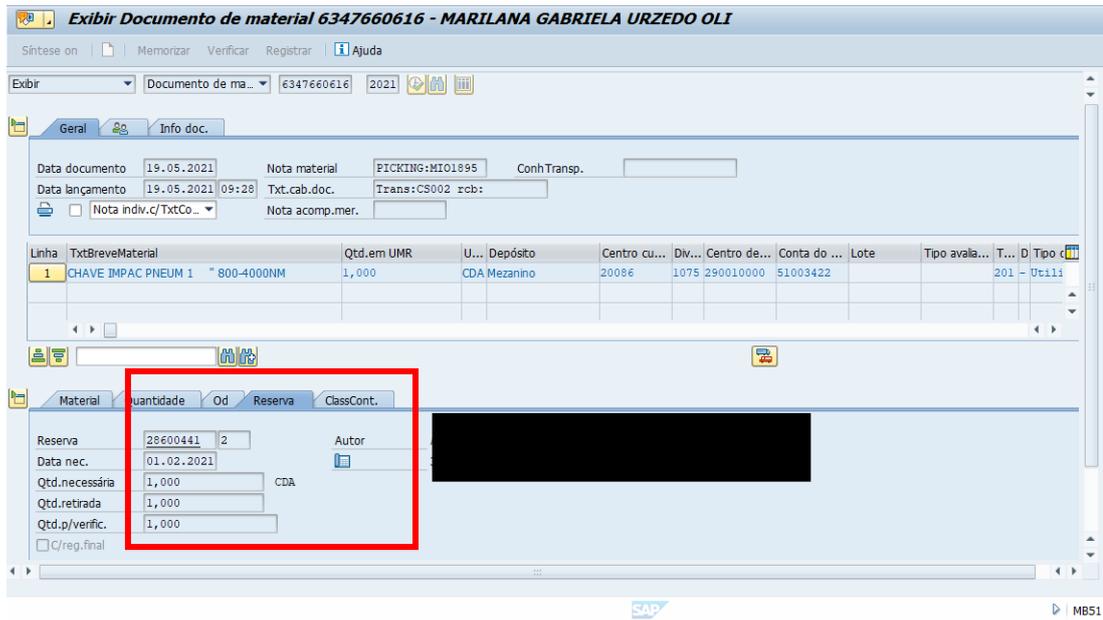
Figura 4 - Quantitativo de solicitações de serviço de torque à empresa contratada durante os meses de jan/20 a out/20.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a validação do estudo de viabilidade feito no período de janeiro/2020 a outubro/2020, diante dos impactos citados na problemática, foi iniciado a pesquisa de mercado junto a fornecedores e cadastro para compra da ferramenta de torque pela empresa de estudo. O processo de pesquisa de mercado e cadastro da ferramenta para compra foi feito nos meses de novembro/2020 a janeiro/2021. Vale ressaltar que durante esse período, as solicitações de serviço continuaram sendo feitas à empresa prestadora de serviço, mas não foi realizado mais as medições dessas solicitações, já que o estudo de viabilidade já havia sido aprovado junto a gerência da oficina de infraestrutura e o processo de compra iniciado. A compra efetiva da ferramenta foi feita no mês de fevereiro/2021, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Registro de compra da ferramenta pneumática através do sistema SAP software utilizado na empresa de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Devido ser a compra de uma ferramenta que não tinha no estoque da empresa, a chegada da ferramenta na oficina demorou 3 meses conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Registro de entrada da ferramenta de torque na oficina.

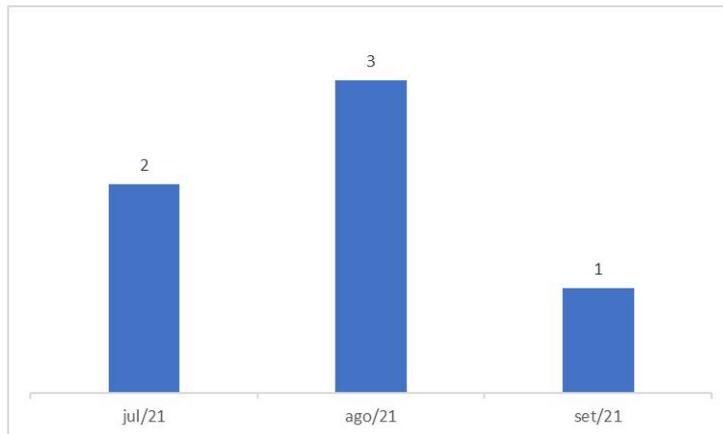
Lista de documentos de material

Material	Texto breve material	Cen.	Nome 1	Dep.	TMv	Txt.tipo movimento	E Doc.mat.	Item	Dt.lçto.	Hora	Qtd.	UM registro	UMR	Lote	Usuário
000000000009128856	CHAVE IMPAC PNEUM 1.1/2" 1200-6000NM	9001	CMIN-CASA DE PEDRA												
RECB 101	Entrada mercador.						6491262008	1	12.05.2021	11:24:19	1,000	CDA			CS04566
RECB 311	TR transf.no centro						6347610760	1	17.05.2021	14:38:38	1,000	CDA			MI06397
61	311 TR transf.no centro						6347610760	2	17.05.2021	14:38:38	1,000	CDA			MI06397
61	201 SM para centro custo						6347660615	1	19.05.2021	09:28:39	1,000	-CDA			MIO1895
* Total												0,000	CDA		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

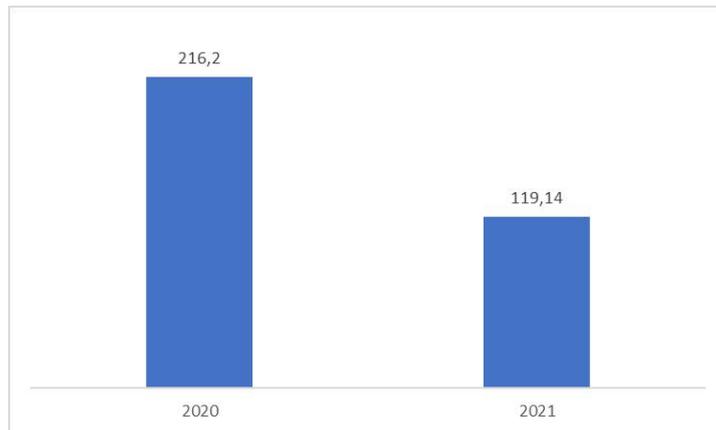
Foram realizados os levantamentos dos ganhos obtidos com a implantação da ferramenta de torque pneumática e análise dos indicadores com os resultados gerados. Com isso, verificou-se que o número de solicitações à empresa contratada diminuiu para 6 solicitações em um período de 3 meses após a chegada da 1ª ferramenta de torque, que ocorreu no mês de maio/2021, o que corresponde a um percentual de 96,5% de redução no número de solicitações feitas durante o estudo e uma redução de 96,76 horas de equipamento parado aguardando manutenção, comparado ao período de estudo, conforme apresentado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Quantitativo de solicitações de serviço de torque à empresa contratada no ano 2021 – após a chegada da ferramenta.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 8 - Comparativo de horas em manutenção dos equipamentos da frota entre os anos de 2020 (antes da compra da ferramenta) e 2021 (após a chegada da ferramenta).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Já considerando os ganhos financeiros obtidos com a implantação da autonomia do processo de torque dos equipamentos de grande porte, verificou-se que, durante o período de estudo, foram feitas um total de 248 solicitações de serviço de torque à empresa contratada. Com base no valor contratual, o custo de mão de obra diária descrito no contrato é de R\$ 1.457,12. Totalizando assim um valor mensal médio de R\$ 36.135,68 pagos para a execução da atividade de torqueamento das esteiras dos equipamentos de grande porte. Em contrapartida, após a implantação da ferramenta de torque na oficina, o número de solicitações em 3 meses caiu para 6 solicitações totalizando um valor mensal médio de R\$ 2.914,24 gastos com a execução da atividade, o que corresponde em uma redução média mensal de 91,96% no valor pago no contrato.

“A padronização é a base para exposição de problemas e melhoria contínua” (CAE, 2023), deste modo para garantir a sustentabilidade do processo com o projeto implantado, um novo padrão foi criado principalmente para atividades de torqueamento dos equipamentos de manutenção. Após a chegada da ferramenta de torque na oficina, durante o mês de junho/2021, foi elaborado um procedimento para utilização da ferramenta de torque e realizado também treinamentos com a equipe que seria autorizada a utilizar a ferramenta de torque.

Diante disso, como principais ações de padronização destacam-se a maior autonomia no processo de torque, agilidade na liberação dos equipamentos para operação, maior qualidade no processo capacitação da equipe, condição menos propícia a

retrabalho e principalmente a redução de custos. Na Figura 9 é representado o procedimento que foi criado como base para utilização da ferramenta.

Figura 9 - Procedimento criado pela empresa para utilização da máquina de torque de forma correta, constando as principais informações pertinentes ao manuseio e utilização da ferramenta.

UTILIZAÇÃO DE MÁQUINA DE TORQUE NA OFICINA DE EQUIPAMENTOS DE INFRAESTRUTURA E PERFURAÇÃO	Nº
	PO000954

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Considerações Finais

Este trabalho demonstrou que, a aplicação da metodologia Lean Manufacturing embasada na metodologia PDCA e Kaizen, possibilitou identificar e planejar ações para reduzir gastos e tempo de paradas, dos equipamentos em manutenções corretivas após as preventivas. Equipamentos estes utilizados para a qualidade e manutenção das vias nas áreas da mina da empresa onde a pesquisa fora realizada.

Ficou evidente que, para o alcance dos resultados foi necessário um estudo de viabilidade sobre a melhor e mais vantajosa forma para execução da atividade de torqueamento em benefício das melhorias nas condições de trabalho e de maior lucro para a empresa.

Após a implantação do uso da ferramenta, foram comparados os dados pertinentes as solicitações de serviço de torque, juntamente com o tempo de parada dos equipamentos que ficavam aguardando manutenção, como também o custo pago para a execução da atividade, pôde-se constatar que foi obtida uma redução de aproximadamente 55% das horas em manutenção dos equipamentos e uma redução de custo de 91,96%.

Tal redução possibilitou que a empresa obtenha um lucro maior sobre a comercialização de seu produto e períodos em operações desses equipamentos, além de diminuição de gastos com peças e mão de obra.

Com o desenvolvimento e aplicação deste trabalho, pode-se constatar que ideias aparentemente simples podem proporcionar ganhos significativos. Por isso, sempre que possível, deve-se adotar a melhoria contínua tanto para processos quanto para equipamentos, a fim de identificar oportunidades de melhoria dos processos, o que é importante diante da competitividade do mercado global.

Como sugestão para trabalhos futuros, avaliar novas oportunidades de melhoria fazendo uso das ferramentas da qualidade utilizadas nesse trabalho para emprego em demais gargalos que possam ser identificados nas atividades de manutenção e aplicar as ideias para melhoria contínua do processo produtivo.

Referências

- CAE – Treinamentos (2023). O que é Kaizen? Conheça os métodos e veja como aplicá-lo. <https://caetreinamentos.com.br>.
- Campos, V. F. (2004). TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Nova Lima MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Fonseca et al. (2016). A ferramenta Kaizen nas organizações. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2016, Brasil: CNEG.
- Hibbeler, R. C. (2017). Estática: mecânica para engenharia (14th ed.). Pearson Education do Brasil.
- Infomoney. (2023). CSN Mineração (CMIN3) lucra R\$ 494 milhões no segundo trimestre, baixa anual de 40%. <https://www.infomoney.com.br>.
- Ipea. (2023). Estratégias de crescimento e desenvolvimento. <https://www.ipea.gov.br>

Martins, E. (2017). Estudo de caso: como elaborar um para o seu TCC. <https://blog.metzzer.com/estudo-de-caso-para-tcc/>

Silva, E. L., & Menezes, E. M. (2005). Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação (4th ed. rev. atual.). Florianópolis, SC: UFSC.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). A máquina que mudou o mundo (5th ed.). Campus.