

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO:
UM ESTUDO DE CASO PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE**

Franco, Luciano José Vieira⁽¹⁾ (lucianov_franco@hotmail.com), Leite, Jussara Fernandes⁽²⁾ (leite.jussara@yahoo.com.br), Soares, Luciana Martins⁽³⁾ (lucianalums@yahoo.com.br), Ribeiro, Cleide Néa⁽⁴⁾ (cleidebarrionuevo@yahoo.com.br), Santos, Paulo Henrique⁽⁵⁾ (phsantos76@yahoo.com.br),

(1), (2), (3), (4), (5) Fundação Presidente Antônio Carlos (FUPAC); Engenharia Mecânica.

RESUMO: *Este trabalho tem como objetivo minimizar as horas paradas da frota de caminhões Scania no processo de transporte de minério em uma mineração a céu aberto situada na Região do Médio Piracicaba em Minas Gerais. Esta pesquisa é um estudo de caso de natureza exploratória, explicativa e documental. Os dados possuem natureza qualitativa e quantitativa, coletados por meio de observação e documentos. No desenvolvimento da pesquisa, resultados referentes aos indicadores de disponibilidade física dos equipamentos, o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio para reparos (MTTR) foram identificados e analisados. Em sequência, um estudo com a utilização de ferramentas da qualidade foi realizado para identificar as causas das perdas do processo de manutenção e melhorias foram implementadas para saná-las. Por meio do desenvolvimento desta pesquisa, conclui-se que a informação em conjunto com recursos tecnológicos, se faz necessária para o funcionamento estratégico e operacional de qualquer empresa. Para se ter um bom desenvolvimento organizacional, é fundamental que as empresas saibam administrar as informações que lhe são dadas, principalmente informações referentes aos seus processos como um todo. Esta prática proporcionará o alcance das metas de produção e otimização dos resultados.*

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores. Manutenção. Falhas. Melhorias.

**ANALYSIS OF MAINTENANCE INDICATORS:
A CASE STUDY FOR INCREASED PRODUCTIVITY**

ABSTRACT: *The objective of this work is to minimize the downtime of the Scania truck fleet in the process of transporting ore in an open pit mining located in the Middle Piracicaba Region of Minas Gerais. This research is a case study of exploratory, explanatory and documentary nature. The data are qualitative and quantitative, collected through observation and documents. In the development of the research, results regarding physical equipment availability indicators, mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR) were identified and analyzed. In sequence, a study using quality tools was conducted to identify the causes of the losses from the maintenance process and improvements were implemented to remedy them. Through the development of this research, it is concluded that information together with technological resources is necessary for the strategic and operational functioning of any company. In order to have a good organizational development, it is fundamental that companies know how to manage the information they are given, mainly information regarding their processes as a whole. This practice will provide the achievement of the goals of production and optimization of results.*

KEYWORDS: Indicators. Maintenance. Failures. Improvements.

1. INTRODUÇÃO

Diante da atual crise econômica, as organizações buscam cada vez mais encontrar maneiras de reduzir seus gastos. Uma das formas para que isso ocorra é acompanhar os resultados dos indicadores de manutenção e corrigir as não conformidades dos processos. Para o tratamento das não conformidades, as organizações devem realizar melhorias nos processos.

O setor de manutenção viabiliza a operacionalização da área de produção, isto é, reduz os prejuízos para a organização, o que torna o cenário mais confortável para se controlar. Por outro lado, para se reduzir os custos, é necessário um acompanhamento constante das metas e indicadores e aplicação de novas medidas para tratamento das não conformidades por meio de ações corretivas.

Manter resultados viáveis dentro do processo de manutenção, não é uma tarefa muito fácil, principalmente se este não estiver sendo planejado e controlado de forma correta. Para se garantir a confiabilidade dos equipamentos pós-manutenção, deve-se focar criteriosamente na aplicação correta dos métodos de manutenção. A aplicação correta dos métodos de manutenção é necessária para o processo como um todo, a fim de garantir a disponibilidade de equipamentos, proporcionar segurança, conforto e estabilidade nos resultados.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção pode ser corretiva, preventiva, ou preditiva. Todas elas têm o propósito de colocar o equipamento em perfeito funcionamento para a área de operação.

Desta forma, nas minerações de minério de ferro, o setor de manutenção tem a função de manter os veículos, máquinas e equipamento em perfeito funcionamento para a extração de seu produto. Um agravante para a manutenção é o ambiente onde os veículos, máquinas e equipamento realizam suas funções, uma vez que, as atividades de transporte de minério são realizadas em estradas não pavimentadas e em constantes aclives e declives devido ao perfil da mina, o que conseqüentemente requer uma maior solicitação dos equipamentos.

O empenho maior dos veículos, máquinas e equipamentos no processo de operação da mina acarretam em maior número de horas paradas para realizar manutenção. Dentro deste contexto, esta pesquisa tem como objetivo minimizar as horas paradas da frota de caminhões Scania no processo de transporte de minério em uma mineração a céu aberto situada na Região do Médio Piracicaba em Minas Gerais.

1.1 Conceitos de manutenção e tipos

Kardec e Nascif (2009) informam que se pode definir manutenção como um conjunto de tratativas e ações técnicas intervencionistas, indispensáveis ao funcionamento regular e permanente das máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Acrescentam ainda que a

manutenção corretiva, preventiva, ou preditiva devem contribuir para o atendimento do programa de produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações.

Peixoto (2012) informa que a manutenção corretiva trata-se de uma manutenção não planejada de um equipamento e que tem como objetivo a localização, correção, restauração, recuperação, reparação de anomalias, defeitos e/ou quebras, que tenha cessado ou diminuído a capacidade do equipamento de exercer as funções para as quais foi projetado. Este modelo tem como alvo principal a correção imediata de um defeito, a fim de retomar o mais rápido possível as atividades produtivas do equipamento.

Viana (2002, p.10) ressalta que a manutenção preventiva trata-se de “todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falhas, estando com isso em condições operacionais ou em estado de zero defeito”. Branco (2010) complementa as ideias de Viana (2002) ao apresentar que na manutenção preventiva os equipamentos devem estar em condições operacionais, ainda que com algum defeito.

Lima e Salles (2006) afirmam que o conceito de manutenção preditiva está inserido na modalidade de manutenção há aproximadamente oito décadas. Assim como outras modalidades de manutenção, se efetivou como importante ferramenta de produtividade a partir de 1970, sendo que sua evolução se destaca nas décadas de 1990 e 2000.

Ainda de acordo com Lima e Salles (2006), dentro do conceito de manutenção preditiva, não se encontra um programa completo de manutenção, porém, percebe-se que esta é imprescindível em qualquer programa de gestão de manutenção. A proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições gerais dos equipamentos e instalações. Como resultado desse monitoramento, tem-se a maximização dos intervalos de manutenção corretiva e manutenção preventiva, bem como maximização de rendimento no processo produtivo, mantendo equipamentos disponíveis o maior tempo possível para operação.

1.2 Indicadores e termos da manutenção

Segundo Kardec e Lafraia (2004), muito mais do que cumprir procedimentos normativos, a manutenção tem um papel importante que é: atuar como elo das ações dos subsistemas de engenharia, suprimento, inspeção de equipamentos, dentre outros, atendendo assim ao cliente.

Kardec e Nascif (2009) ressaltam que os indicadores de manutenção mais utilizados em relação às plantas, onde os equipamentos devem estar disponíveis para operação são: *Mean Time to Repair* (MTTR), em português conhecido como Tempo Médio para Reparo, *Mean Time Between Failures* (MTBF) denominado de Tempo Médio Entre Falhas e Disponibilidade Física (DF).

Moura (2009) esclarece que o termo disponibilidade física pode ser entendido como uma medida, que busca indicar a proporção do tempo total em relação ao tempo em que o

equipamento está apto a operar. Para o cálculo da disponibilidade física (DF), é necessário identificar os valores do tempo médio entre falhas (MTBF) e do tempo médio para reparo (MTTR). A fórmula para cálculo da disponibilidade é apresentada na Equação 1.

$$DF = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100 \quad (1)$$

Fonte: Moura (2009, p. 105)

Conforme a Equação 1, quanto maior o tempo médio entre falhas (MTBF), maior será a disponibilidade. Para Zen (2003), o MTBF representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima. O mesmo busca representar também o tempo de funcionamento da máquina ou equipamento diante das necessidades de produção até a próxima falha.

Em relação ao MTBF, Moura (2009) informa que a fórmula matemática para cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF) pode ser descrita conforme a Equação 2:

$$MTBF = \frac{\text{Somatório dos Tempos de Operação}}{\text{Número de intervenções}} \quad (2)$$

Fonte: Moura (2009, p.102)

Como apresentado na Equação 2, o MTBF é obtido através da soma do tempo de operação, e em seguida dividindo-se pelo número de intervenções realizadas no equipamento. Esse indicador nos informa o período médio entre cada falha.

Branco (2010) informa que MTTR é o tempo médio necessário para reparar um componente defeituoso, ou mesmo para que o sistema volte a funcionar. É considerado um forte indicador, pois mensura a quantidade média de tempo necessário para o sistema voltar a trabalhar. Esse autor ainda esclarece que o tempo necessário para restaurar o sistema ao nível de normalidade inclui o período de diagnóstico do problema, bem como a sua retificação. Para se realizar o acompanhamento correto do tempo médio para reparo (MTTR), é necessário utilizar a equação 3.

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos Tempos de Reparo}}{\text{Número de intervenções}} \quad (3)$$

Fonte: Moura (2009, p.103)

Como se pode observar por meio da Equação 3, o MTTR está ligado diretamente à disponibilidade do ativo para operação e sua confiabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é um estudo de caso, realizada em uma empresa de mineração de minério de ferro a céu aberto, caracterizada como exploratória, explicativa e documental. A empresa localiza-se na Região do Médio Piracicaba em Minas Gerais e o estudo ocorreu no período entre janeiro a agosto de 2016. A mineradora foi escolhida pelo método de acessibilidade, uma vez que um dos autores da pesquisa é funcionário. O estudo abrangeu a área de extração de minério de ferro, onde é realizado o transporte de minério por meio de caminhões traçados.

A pesquisa utiliza o método exploratório, pois busca analisar e interpretar os dados com foco em identificar as causas que geram as paradas dos caminhões no transporte de minério. Nesse sentido, esse estudo busca auxiliar na identificação e resolução de problemas.

Para realização deste estudo, foram utilizados documentos e observação participativa. Assim, o processo foi observado e documentos da empresa foram analisados.

A pesquisa descreve um trabalho realizado por meio de análise de falhas em caminhões traçados da marca Scania que transportam minério de ferro, com o objetivo de apresentar melhorias para minimizar as horas paradas da frota.

Os equipamentos analisados foram especificamente da marca Scania, modelo P420-OPT Cruise 8x4. A frota de caminhões traçados possui um total de 13 equipamentos de médio porte. A Figura 1 ilustra um caminhão.



FIGURA 1. Caminhão Scania 8x4 420 OPT-Cruise. Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

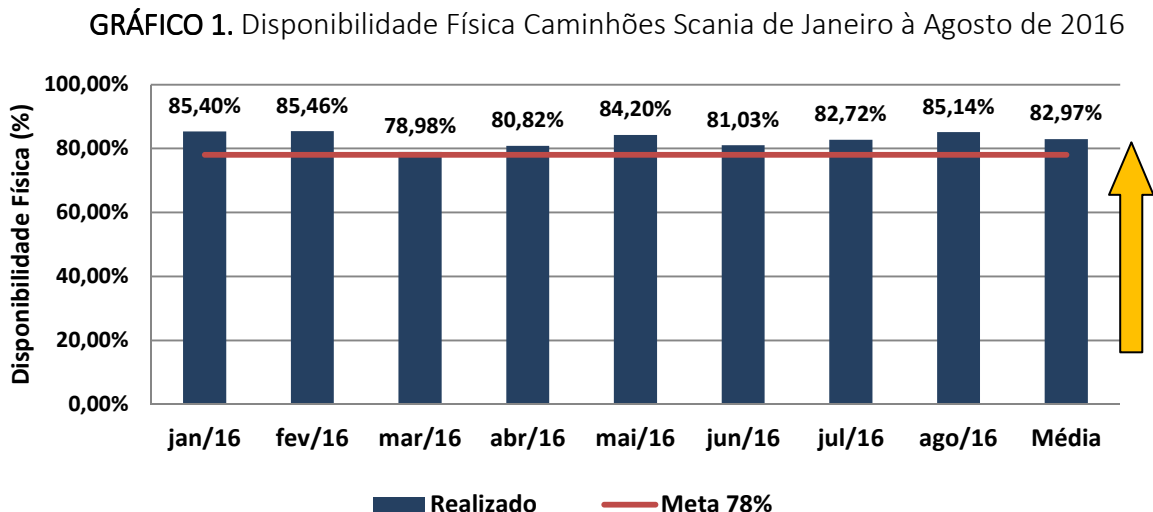
O caminhão possui oito pontos de apoio, sendo quatro destes de tração. O mesmo possui o trem de força com uma caixa de mudanças automática de 12 velocidades sequenciais e motor com 420 cv de potência. Seu elemento basculante possui capacidade volumétrica de 20m³ e capacidade de carga para 38 toneladas.

Os dados coletados em documentos possuem natureza quantitativa. Suas origens baseiam-se na contabilização dos eventos de manutenção, ocorridos durante a rotina de trabalho dos equipamentos. Para execução deste trabalho, os dados inicialmente foram coletados do sistema de manutenção da mina, denominado Mina Inteligente. Por meio desse sistema é monitorada a disponibilidade física dos equipamentos, o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio para reparos (MTTR).

Esta pesquisa foi realizada de acordo com os critérios de análise quantitativa e qualitativa, pois tem como base principal a coleta de dados e a análise da disponibilidade física dos ativos. O índice de disponibilidade física representa o tempo em que o equipamento estará à disposição para realizar seu trabalho. Com base no sistema operacional Mina Inteligente, foi possível realizar o levantamento dos indicadores de MTTR e MTBF.

3. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Este trabalho iniciou-se com a análise dos indicadores de DF, MTBF e MTTR. No Gráfico 1, é possível observar o valor de indicadores de DF dos Caminhões Scania do período de janeiro a agosto de 2016.

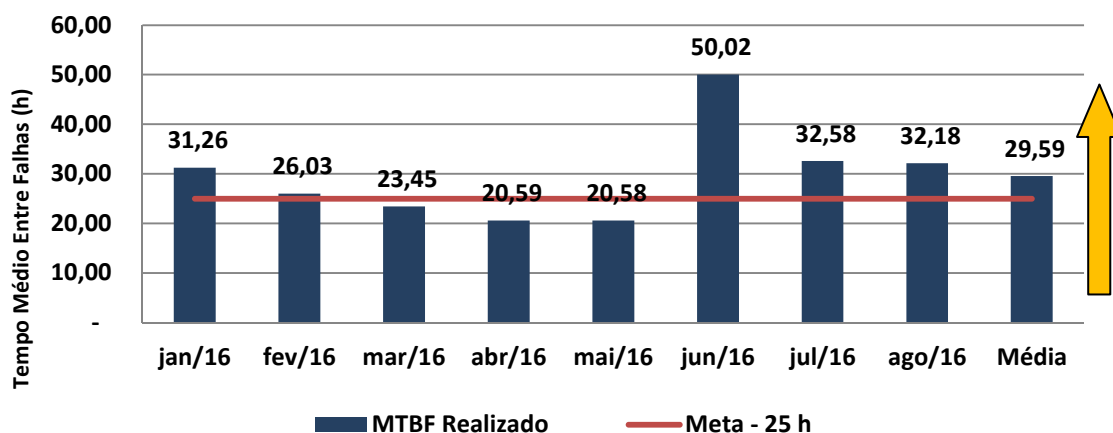


Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Verifica-se por meio do Gráfico 1, que em todos os meses, a meta (78%) de DF dos caminhões Scania foram atingidas.

O tempo médio entre falhas (MTBF) procura determinar a confiabilidade de equipamentos e sistemas em determinado intervalo de tempo. O Gráfico 2 apresenta os valores desse indicador da frota de caminhões Scania no período de janeiro a agosto de 2016.

GRÁFICO 2. MTBF Frota Scania janeiro a agosto de 2016

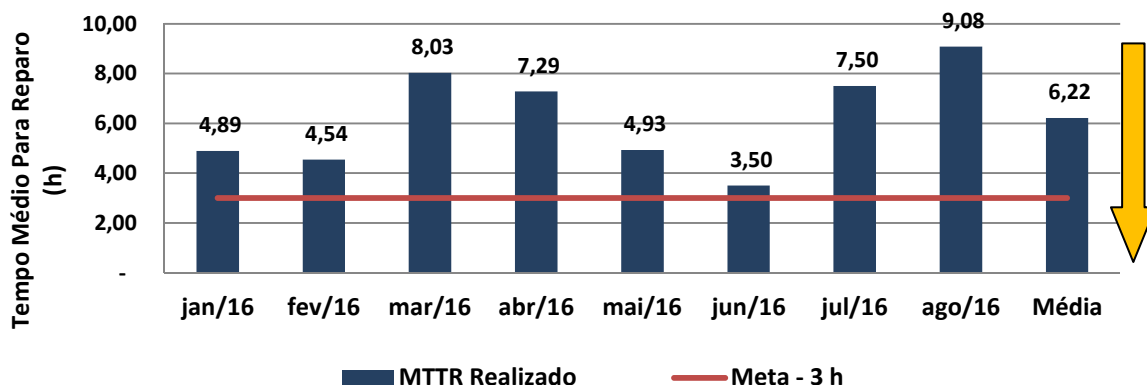


Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Com base no Gráfico 2, pode-se observar que nos meses de março, abril e maio de 2016 a meta do MTBF não foi alcançada. Percebe-se também que em relação à média do período, o valor de 29,59 horas superou a meta – 25 horas – determinada pela empresa para o MTBF.

No caso do MTTR, o esforço deve ser exatamente o contrário a DF e MTBF. O ideal é reduzi-lo ao máximo para evitar a perda de produtividade por indisponibilidade dos equipamentos. O Gráfico 3 mostra o tempo médio gasto para se reparar os equipamentos da frota Scania, entre os meses de janeiro a agosto de 2016.

GRÁFICO 3. MTTR Frota Scania Janeiro a Agosto 2016



Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Verifica-se por meio do gráfico 3, que a meta de MTTR – 3 horas – determinada pela empresa não foi atingida em nenhum dos meses de janeiro a agosto de 2016. Destaca-se ainda que

em relação à média alcançada nesse período – 6,22 –, o valor é superior a mais que o dobro da meta. Assim, por meio desses dados, pode-se afirmar que há necessidade de tratamento de perdas.

Para melhor entender o que causou a não aderência às metas de MTTR dos equipamentos, foi realizada uma análise dos dados referentes às paradas para manutenção. O quadro 1 a seguir apresenta as informações sobre o controle de paradas de caminhões Scania para manutenção do período de 7 a 17 agosto de 2016.

QUADRO 1. Controle de paradas de caminhões Scania para manutenção

Dia	Descrição da Ocorrência	Tempo Duração				
		Hora Início	Horímetro Inicial	Hora Fim	Horímetro Final	Tempo Duração
7-ago	HMP -	07:00:00	0	10:45:19	0	03:45:19
7-ago	HMC -	10:46:37	0	11:42:08	0	00:55:31
7-ago	HMP -	16:30:22	0	16:30:22	0	00:00:00
7-ago	HMP -	19:40:49	0	00:00:00	0	00:00:00
9-ago	HMP - avaliação mecânica	03:33:44	16340	07:00:00	16340	03:26:16
9-ago	HMP - avaliação mecânica	07:00:00	16340	11:00:00	16340	04:00:00
12-ago	HMP -	01:37:04	16402	07:00:00	16402	05:22:56
12-ago	HMP - Sem ar condicionado.	07:00:00	16402	11:00:00	16402	04:00:00
15-ago	HMP - Avaliação no retarder.	19:00:00	16403	22:00:00	16403	03:00:00
16-ago	HMC - Não bascula.	07:00:00	16404	13:00:00	0	06:00:00
16-ago	HMC - Não bascula.	13:00:00	16404	19:00:00	0	06:00:00
16-ago	HMC - Não bascula.	19:00:00	16404	22:11:10	0	03:11:10
17-ago	HMC -	09:24:27	0	12:27:37	0	03:03:10
17-ago	HMC -	12:39:31	0	13:00:00	0	00:20:29
17-ago	HMC -	13:00:00	0	13:44:07	0	00:44:07

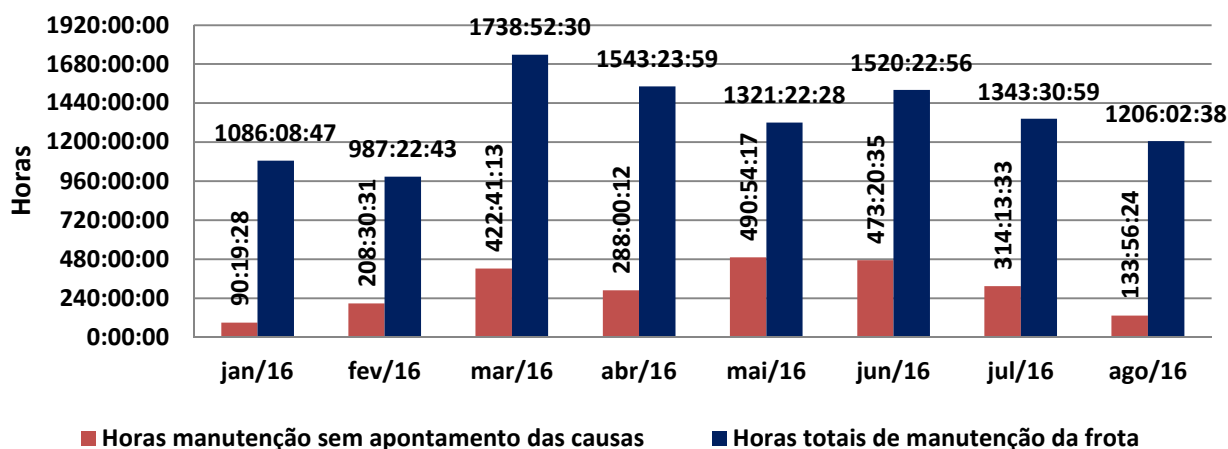
Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Por meio do quadro 1, verifica-se a ausência de apontamento das causas das falhas dos caminhões Scania. Importante informar que este fato foi identificado em todo o período de janeiro a agosto de 2016 e, vale ressaltar, que a falta dessas informações dificultam o trabalho de tratamento das falhas. Assim, percebe-se a necessidade de melhoria com relação ao registro de informações enviadas ao setor de manutenção.

Outro fato identificado na pesquisa foi que os dados se perderam devido a uma falha intermitente do sistema de gerenciamento de mina, Mina Inteligente. O sistema possui uma central de comando localizada na unidade operacional da mineradora, que realiza a comunicação via GPS com os ativos, porém devido à queda de sinal, o mesmo perde dados ou a total comunicação com os ativos. Devido a esse problema, o apontamento das manutenções passou a ser realizado de forma manual, o que gerou a falha humana quanto à atualização das descrições de paradas.

Assim, foi levantado o número de horas de manutenção totais e sem apontamento das causas que geraram as manutenções na frota de caminhões Scania do período de janeiro a agosto de 2016. Esses dados podem ser verificados no Gráfico 4 apresentado a seguir.

GRÁFICO 4. Horas de Manutenção Totais e Sem Apontamento



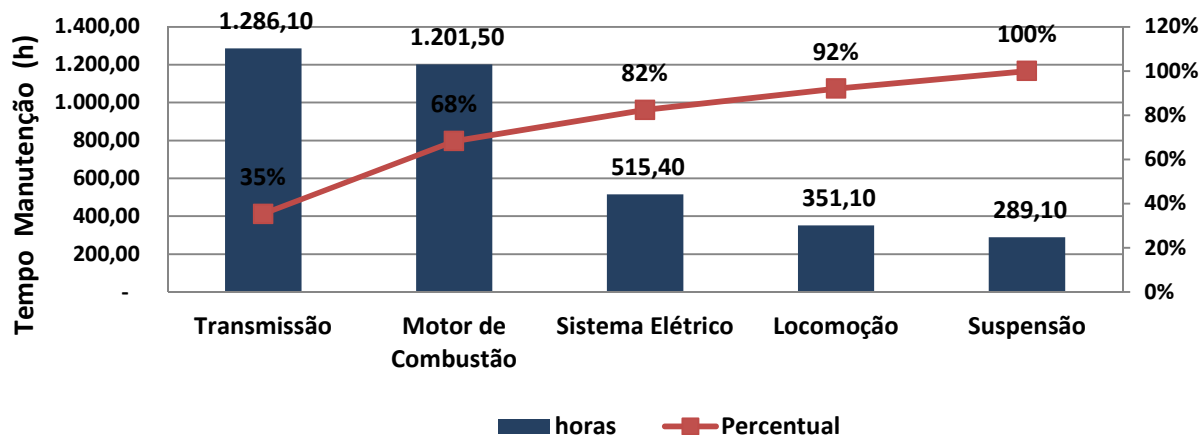
Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Conforme dados do Gráfico 4, verifica-se que o mês que teve maior número de horas para manutenção foi em março de 2016, 1738:52:30 horas, desse valor 422:41:13 horas de manutenção não foram apontadas as causas das falhas que geram as manutenções nos caminhões da frota. Esse último valor refere-se a 24% do valor total de manutenção do mês.

Ao realizar uma análise sobre o percentual de horas paradas para manutenção sem apontamento das causas das falhas dos caminhões em relação ao número total de horas para manutenção, a pesquisa identificou que os meses de maio e junho foram os que obtiveram o maior valor em percentual de horas de manutenção sem apontamento das causas para manutenção, esses dois meses atingiu o valor de 37% e 31%, respectivamente, das horas da manutenção totais da frota. Sobre o valor total, a pesquisa identificou que 23% das horas totais de manutenção realizadas nos caminhões não tiveram apontamento das causas das falhas.

Além da identificação do problema no que diz respeito à falha nos registros das ocorrências de manutenção, observou-se também a influência das grandes paradas de manutenção corretiva no indicador de MTTR. Com o objetivo de focalizar o real problema relacionado ao índice de grandes paradas de manutenção, foi realizada a estratificação das falhas por sistemas, a fim de facilitar a identificação das perdas e em quais sistemas elas ocorreram. O Gráfico 5 evidencia quais sistemas obtiveram maior tempo de paradas para manutenção corretiva

GRÁFICO 5. Horas de Manutenção Corretiva por Sistemas



Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Conforme Gráfico 5, os sistemas de transmissão, de motor de combustão e elétrico representam 82% das horas paradas para realizar manutenção corretiva. Sobre as perdas de manutenção corretiva, o autor Branco (2010) enfatiza em seus estudos que quanto maior o tempo de paralisação do ativo em corretiva, maior será seu impacto no indicador de MTTR.

3.1 Aplicação da ferramenta de análise de causa e efeito

Ao identificar os sistemas que geram mais defeitos e consequentemente manutenções, pode-se avaliar as causas para a ocorrência de falhas. Neste trabalho, foi realizado um estudo para identificar as causas dos defeitos nos sistemas de transmissão, de motor de combustão e elétrico. Desta forma, na figura 2, é apresentado o diagrama de causa e efeito que mostra as causas das falhas no sistema de transmissão.

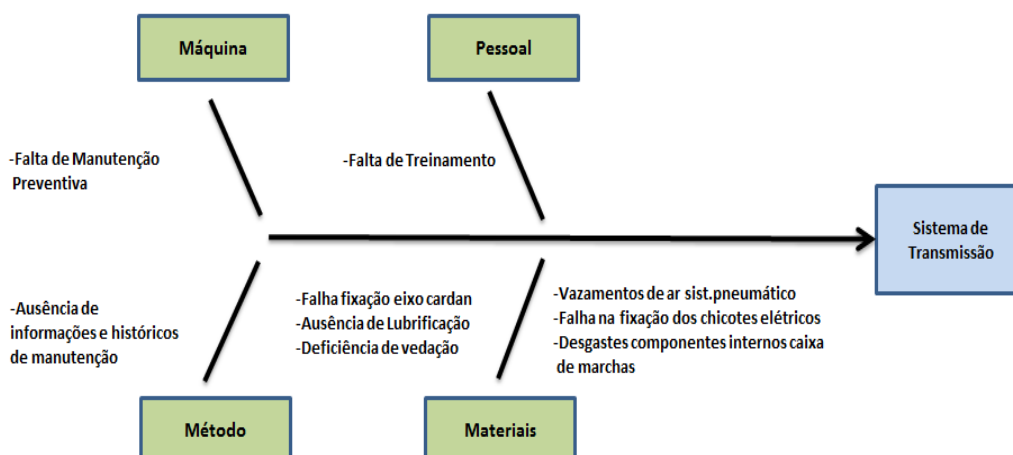


FIGURA 2. Diagrama de Causa e Efeito - Sistema de Transmissão. Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Conforme apresentado na Figura 2, foram identificadas que as causas que acarretam defeitos no sistema de transmissão, que são falha na fixação do eixo cardan, ausência de lubrificação e deficiência de vedação, vazamento de sistema pneumático, fixação dos chicotes elétricos, desgastes dos componentes internos da caixa de machas, falta de manutenção preventiva e falta de treinamento.

Em relação ao sistema de motor de combustão, a figura 3 mostra o diagrama de causa e efeito do sistema de motor de combustão que foi desenvolvido para identificar as causas que repercute em manutenção corretiva nesse sistema.

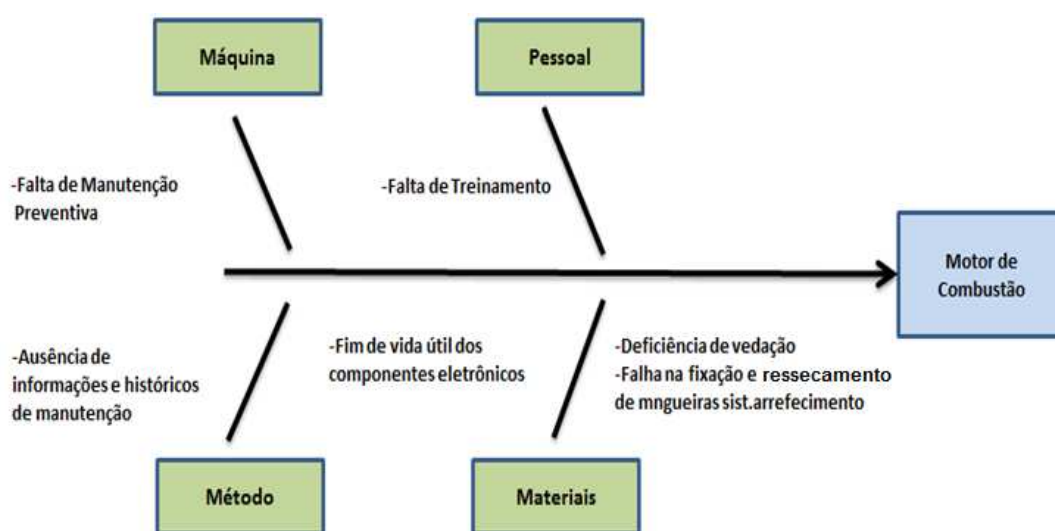


FIGURA 3. Diagrama de Causa e Efeito do Sistema de Motor de Combustão. Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Com base na Figura 3 acima, foi identificado nesta pesquisa que as causas que geram defeitos no sistema de motor a combustão são: fim de vida útil dos componentes eletrônicos, deficiência de vedação, falha na fixação e ressecamento de mangueiras do sistema arrefecimento, falta de manutenção preventiva e falta de treinamento.

Sobre o sistema elétrico, a figura 4 apresenta o diagrama de causa e efeito que apresenta as causas das horas paradas para manutenções corretivas nos caminhões geradas por defeitos nesse sistema.

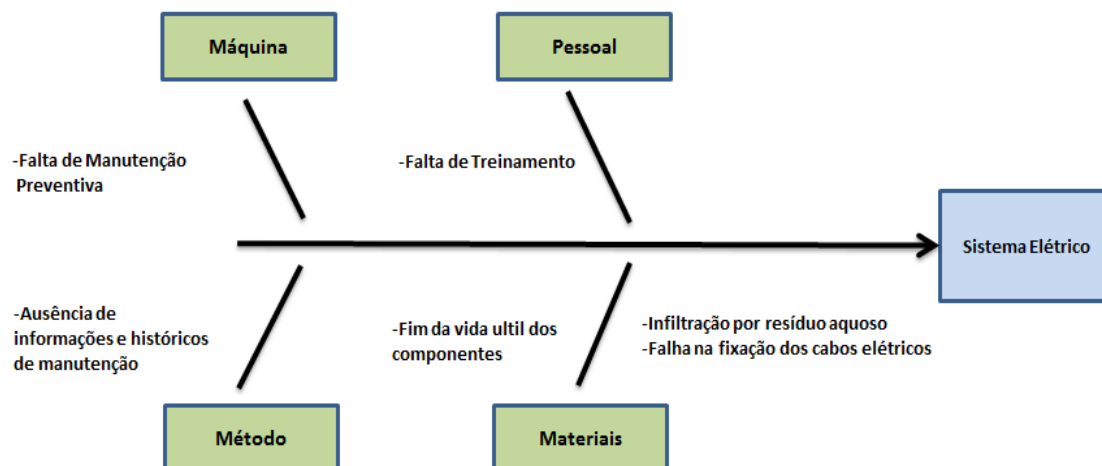


FIGURA 4. Diagrama de Causa e Efeito Sistema Elétrico. Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

A Figura 4 apresenta que as causas dos defeitos no sistema elétrico ocorreram devido ao fim da vida útil dos componentes, infiltração por resíduo aquoso, falha na fixação dos cabos elétricos, falta de manutenção preventiva e falta de treinamento. Importante destacar que o caminhão é um modelo automatizado, e que uma falha na parte elétrica afeta os componentes eletrônicos.

Um fator a destacar é que a ausência de informações e histórico de manutenção, apontados nos três diagramas, torna-se um problema grave para realizar a análise das perdas. Outro ponto comum apresentado nos três diagramas foi a falta de treinamento da equipe de manutenção e a falta de manutenção preventiva.

3.1 Plano de ação

Ao considerar as causas relacionadas às falhas dos sistemas de transmissão, de motor de combustão e elétrico, foi desenvolvido um plano de ação, também denominado 5W1H, para tratar de forma efetiva os problemas levantados.

Para Periard (2009), o 5W1H, basicamente, é um *check-list* de determinadas atividades que precisam ser desenvolvidas com o máximo de clareza possível por parte dos colaboradores da empresa. Ele funciona como um mapeamento destas atividades, onde fica estabelecido o que será feito, quem fará o quê, em qual período de tempo, em qual área da empresa e todas as justificativas necessárias para realização desta atividade.

O Quadro 2 ilustra e evidencia o plano de ação criado para possibilitar o tratamento de perdas no processo de manutenção.

QUADRO 2. Plano de Ação 5W1H - Tratamento de Falhas

O QUE	ONDE	PORQUE	COMO	QUEM	QUANDO
Melhorar fluxo de informações relacionadas às paradas dos equipamentos.	Manutenção	A falta de informação está gerando perda de tempo para resolução das falhas dos equipamentos.	Criar formulários padronizados de manutenção físico e eletrônico	Responsável Técnico Área	Set/16
Treinar mão de obra de manutenção com relação às melhorias propostas.	Manutenção	A padronização do processo torna-se necessária a fim de organizar o fluxo das manutenções, bem como garantir a confiabilidade dos equipamentos.	Treinamento interno	Orientador Técnico	Set/16
Minimizar ocorrência de grandes paradas de manutenção não programadas.	Manutenção	As grandes paradas geram impacto direto MTTR da frota.	Criar <i>check list</i> de liberação de equipamentos	Responsável Técnico Área e Planejamento	Set/16
Programar e executar manutenção preventiva dos sistemas de transmissão, motor de combustão e elétrico.	Manutenção	A mesma torna-se necessária a fim de prolongar a vida útil dos componentes, bem como evitar paradas não programadas.	Através da inserção de novo modelo de inspeção conjunta com manutenção por oportunidade	PCM/ Execução Preventiva	Nov/2016

Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Conforme apresentado no quadro 2, a empresa implementou ações para melhorar o fluxo de informações relacionadas às paradas dos equipamentos, assim criou formulário para coletar as informações sobre as manutenções; desenvolveu treinamento para qualificar a mão de obra que realiza a manutenção; implementou *check list* de liberação de equipamentos, logo para minimizar as ocorrência de grandes paradas de manutenção não programadas; programou e passou a executar manutenções preventivas dos sistemas de transmissão, motor de combustão e elétrico.

O formulário elaborado para coletar informações sobre as paradas dos equipamentos pode ser verificado no quadro 3 apresentado a seguir.

QUADRO 3. Formulário de Equipamentos em Manutenção

TAG	Descrição da Falha
Observações diversas sobre peças e solicitações para PCM	
Telefones para contato	
Supervisão e Equipe Técnica – Transporte	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

O formulário apresentado no Quadro 3 foi desenvolvido com o propósito de servir de instrumento para registrar a causa da falhas. Para sua efetivação, foi enviado por meio de correio eletrônico aos líderes de cada turno e demais envolvidos no processo de manutenção. Além disso, um treinamento de como preenchê-lo foi realizado com todos envolvidos.

Com relação aos equipamentos já disponibilizados pelo setor de manutenção, foi desenvolvido um formulário físico onde todos os serviços realizados são anotados. Ele inclui a data, hora de entrada, hora de saída, turno, executante, letra, equipamento, motivo da parada e serviços executados. O quadro 4 apresenta o formulário de equipamentos liberados pelo setor de manutenção.

QUADRO 4. Formulário – Equipamentos Liberados Pelo Setor de Manutenção

Equipamento Liberado pela Manutenção			
Data:	Hora Entrada:	Hora Saída:	Turno:
Executantes:			Letra:
Equipamento:			
Motivo da Parada:			
Serviços Executados:			

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Por meio das informações registradas no formulário equipamento liberados pelo setor de manutenção, é possível se obter as causas das falhas e os tipos de serviços executados nos caminhões. Este possibilitará o monitoramento e registros de apontamentos de mão de obra, controlando o processo de manutenção de maneira organizada e confiável.

Outro formulário desenvolvido foi o *check list* do equipamento após a manutenção, que deve ser preenchido pelos mecânicos antes de liberar os caminhões para a área de produção. Este formulário pode ser verificado no quadro 5.

QUADRO 5. *Check list* do Equipamento – Pós Manutenção

Check list do Equipamento – Pós Manutenção			
Equipamento:			
Data:		Hora de parada para manutenção:	
Motivo da parada:			
Serviços Executados:			
Pendências:			
CHECK LIST			
	ITEM	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÕES
Motor Combustão		() Verificar vazamentos de óleo, ar e água	
		() Verificar ruídos anormais	
		() Verificar fixação e integridade dos chicotes elétricos	
		() Verificar nível de óleo do motor	
		() Verificar nível do líquido arrefecedor	
Sistema de Transmissão		() Verificar fixação correta dos chicotes elétricos	
		() Verificar nível de óleo de caixa e diferenciais e vazamentos	
		() Verificar fixação dos eixos cardans	
		() Verificar acionamento dos comandos de engrenamento marchas (eletropneumáticos)	
Sistema Elétrico		() Verificar funcionamento ar condicionado	
		() Verificar funcionamento da buzina	
		() Estado dos vidros e retrovisores	
		() Funcionamento dos limpadores de para-brisas	
		() Verificar alarme de ré	
		() Verificar limpeza e fixação dos polos e terminais das baterias	
		() Verificar fixação correta dos cabos elétricos	
RESPONSÁVEL:		MATRÍCULA	

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A realização do *check list*, apresentado no Quadro 5, tem como propósito diminuir o índice de quebra dos ativos durante sua operação, uma vez que, o mecânico tem a obrigação de verificar o perfeito funcionamento de vários itens do sistema de motor do combustível, de transmissão e elétricos antes do caminhão ser liberado para entrar em operação.

Vale ressaltar que o preenchimento do *check list* deve ser realizado da seguinte forma:

- Após executada a manutenção do equipamento, o mantenedor antes de realizar a liberação, deve inspecionar de maneira sensível conforme pontos identificados no documento.
- Após aferido cada item, o mesmo deve assinalar com um “x”, confirmando a verificação do mesmo. Quando necessário, se deve identificar no campo de observações e de

maneira detalhada, anotar possíveis anomalias que possam aguardar a programação para intervenção.

- Após o término, o mantenedor deve se certificar do preenchimento correto do cabeçalho, bem como nome e matrícula.

Além da prática de utilização do *check list* de liberação, optou-se por realizar o modelo de manutenção por oportunidade.

A manutenção por oportunidade, ou manutenção oportunista, segundo Osada (1993) *apud* Souza (2008), significa aproveitar o tempo de paralisação do equipamento quando ela ocorre em contraste à paralisação para manutenção planejada. Este método envolve a investigação das oportunidades e suas ocorrências.

A utilização da manutenção oportunista afeta diretamente no tempo total de disponibilidade dos equipamentos. Uma vez aproveitado o tempo de paralisação por conta de uma avaria para a realização de uma intervenção preventiva, poupa o equipamento de parar posteriormente para cumprir o plano de manutenção preventiva.

Como aplicação do modelo de manutenção oportunista, foi implementada durante as inspeções sensíveis dos ativos, a prática de eliminação de pequenas anomalias. O objetivo foi justamente reduzir falhas que possam gerar a perda parcial da função dos equipamentos.

Durante a inspeção, conforme programação é disponibilizado para acompanhamento junto ao inspetor, um mantenedor com o propósito de eliminar as pendências pós-inspeção. O objetivo é corrigi-las, de maneira a garantir a confiabilidade dos equipamentos.

No Quadro 6, é possível visualizar o modelo de programação de manutenção, evidenciando a melhoria proposta.

QUADRO 6. Modelo de Programação Diária

Data	Turma	Ordem de Serviço	Ativo	Descrição da Ordem	Hora Inicial	Hora Final	Executante (matrícula)
04/11/16	M1	201605392	A1	Trocar cardam principal e rolamento de centro	07:30:00	09:30:00	4125
04/11/16	M2	201605482	A10	Lavagem geral equipamento	07:30:00	11:30:00	4131
04/11/16	M4	201605480	A6	Revisão elétrica 250 HPM CAT 962 G	12:30:00	14:30:00	4150
04/11/16	M1	201605381	A2	Revisão eletromecânica 250 hs PM CAT 962G	12:30:00	14:30:00	4204
04/11/16	M3	201605399	A7	Revisão de lubrificação 250 Hp PM CAT 962 G	07:30:00	15:30:00	4181 E 4193

Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo minimizar as horas paradas da frota de caminhões Scania no processo de transporte de minério em uma mineração a céu aberto situada na Região do Médio Piracicaba em Minas Gerais. Assim, os resultados dos indicadores de manutenção foram identificados e analisados para verificar desvios e com isso propor melhorias que possam saná-los.

No desenvolvimento da pesquisa, foi identificado que a meta do indicador tempo médio entre falhas (MTBF) não era atingida pela empresa em todos os meses analisados e a meta do tempo médio entre reparados (MTTR) não foi atingida em nenhum dos meses, no período de janeiro a agosto de 2016. Em sequência, um estudo com a utilização de ferramentas da qualidade foi identificado para identificar as causas e implementar melhorias no processo de manutenção para atingir o objetivo proposto neste estudo.

As melhorias propostas foram ações para melhorar o fluxo de informações relacionadas às paradas dos equipamentos; elaboração de formulário para coletar as informações sobre as manutenções; qualificação da mão de obra para realizar manutenção; implementação de *check list* de liberação de equipamentos; programação de manutenções preventivas dos sistemas de transmissão, motor de combustão e elétrico.

Por meio do desenvolvimento desta pesquisa, conclui-se que a informação em conjunto com recursos tecnológicos, se faz necessária para o funcionamento estratégico e operacional de qualquer empresa. Para se ter um bom desenvolvimento organizacional, é fundamental que as empresas saibam administrar as informações que lhe são dadas, principalmente informações referentes aos seus processos como um todo. Esta prática proporcionará o alcance das metas de produção e otimização dos resultados.

Foi possível concluir também, o quanto a estratificação das possíveis causas dos efeitos nos sistemas foi importante para auxiliar nas tomadas de decisões. Esta pôde proporcionar maior confiabilidade na ação sobre as causas raízes dos problemas, bem como, sugerir métodos para tratamento das mesmas.

Neste trabalho, foi possível validar as melhorias propostas por meio de formulários e *check list*, uma vez que estes podem proporcionar maior confiabilidade das informações. Quanto à prática da manutenção por oportunidade, esta possibilita agir preventivamente no que diz respeito às falhas funcionais dos equipamentos, buscando minimizar o índice de perdas por manutenções corretivas.

Para próximos trabalhos, é sugerido que sejam desenvolvidos estudos que interliguem às causas raízes das falhas que forem encontradas na frota de equipamentos, por meio da aplicação da metodologia proposta por essa pesquisa. O ideal é que, com a utilização dos formulários e *check list* implementados, sejam tratados e acompanhados de maneira criteriosa, todos os desvios decorrentes do processo de manutenção de caminhões.

Sugere-se também, a utilização dos dados levantados pela manutenção, no que diz respeito às informações de descrição das falhas dos equipamentos. Esta servirá como fonte, para alimentação correta do sistema Mina Inteligente, buscando manter a padronização do processo.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, F. G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.
- KARDEC, A.; LAFRAIA, J. R. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Quality Mark Abraman, 90 p., 2004.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 2ªed. Rio de Janeiro: Editora Quality Mark, 2009. Coleção Manutenção, Abraman.
- LIMA, W. C.; SALLES, J. A. A. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva**. 2006. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf>> Acesso em 20 ago. 2016
- MOURA, C. **Gestão da manutenção**. 2009. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABe7EAl/gestao-manutencao>. Acesso em: 15 set. 2016.
- PEIXOTO, E. **Manutenção: 2012 tipos e importância**. Disponível em: <<http://www.pensalab.com.br/Noticias/manutencao-tipos-e-importancia.html>>. Acesso em 20 ago. 2016
- PERIARD, G. O. **Ciclo PDCA e a melhoria contínua**. 2009. Disponível em: <http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>. Acesso em 08 jun. 2016
- SOUZA, R. D. **Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso MRS logística**. Juiz de Fora: UFJF, 2008. Disponível em: <http://www.fmepro.org/XP/editor/assets/DownloadsEPD/TCC_jul2008_RafaelSouzapdf>. Acesso em 08 agosto 2016.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- ZEN, M. A. G. **Indicadores de manutenção**. 2003. Disponível em: <http://72.14.207.104/search?q=cache:dZwwoiE_oJ:internal.dstm.com.ar/sites/mmnew/bib/notas/indicadoresBR.pdf+indicadores+de+manuten%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR>. Acesso em: 20 ago. 2016