

## IMPACTOS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM EQUIPAMENTOS PESADOS NO SETOR DE CONSTRUÇÃO: estudo de caso no trecho de duplicação da BR-381

Rodrigo Soares Otone (Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG)

[rodrigootone@gmail.com](mailto:rodrigootone@gmail.com)

Thiago Gomes Sousa (Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG) [thiago-cam@live.com](mailto:thiago-cam@live.com)

Ygor Leonardo Andrade da Costa (Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG)

[ygor.leo.costa@gmail.com](mailto:ygor.leo.costa@gmail.com)

Gabriela Fonseca Parreira Gregório (Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG)

[gabiparreira@gmail.com](mailto:gabiparreira@gmail.com)

### Resumo:

No século XXI o maior desafio das empresas, seja qual for sua dimensão, é reduzir seus custos para sobreviver no mercado atual. A gestão estratégica da manutenção envolve o conhecimento integrado da empresa, onde é observada cada área e os seus maquinários. Com o aumento da complexidade e a diversidade dos equipamentos, aumenta ainda mais a demanda por sistemas de manutenção eficientes e economicamente viáveis. Este trabalho busca uma abordagem para o desenvolvimento de uma gestão da manutenção eficaz dos equipamentos pesados de construção civil.

**Palavras chave:** Gestão da manutenção, Manutenção preditiva, Equipamentos de construção.

## IMPACTS OF PREDICTIVE MAINTENANCE IN HEAVY EQUIPMENT IN THE CONSTRUCTION SECTOR: a case study in the duplication stretch of the BR-381

### Abstract

In the 21st century, the biggest challenge for companies, regardless of size, is to reduce their costs to survive in today's market. Strategic management of maintenance involves the integrated knowledge of the company, where each area and its machinery are observed. With increasing complexity and diversity of equipment, the demand for efficient and economically viable maintenance systems is further increased. This work seeks an approach to the development of an effective maintenance management of heavy construction equipment.

**Key-words:** Maintenance management, Predictive maintenance, Construction equipment.

### 1. Introdução

A partir da época de Taylor e Ford, no século XX, as organizações começaram a buscar pela redução dos custos e melhoria dos seus processos. Um dos meios utilizados para obter tais feitos foi o investimento em tecnologia no seu sistema, pois o uso da mesma pode agilizar alguns tipos de processos, reduzir equipes, reduzir as chances de erros humanos e por consequência, reduzir custos de forma significativa, além de aumentar a segurança do processo como um todo.

Um exemplo de investimentos em tecnologia feito por algumas organizações foi a introdução de sistemas de monitoramento remoto como um de seus principais avanços no setor de equipamentos pesados, o que permite ao usuário obter, em tempo real, todas as informações

importantes para o gerenciamento da frota, por meio de informações como localização, consumo de combustível, falhas de operação, falha do equipamento, rotação do motor, calibragem dos pneus, dentre outros.

Com isso, os maquinários pesados estão presentes em alguns tipos de indústrias, assumindo um papel fundamental para o bom desenvolvimento e funcionamento das organizações. Devido a esse fato, é importante manter os equipamentos em bom estado. Na indústria, um dos responsáveis pelo bom funcionamento dos equipamentos é o setor de manutenção. Entende-se que o seu papel é manter equipamentos, máquinas, ferramentas e instalações em boas condições de funcionamento, prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas, além de garantir a segurança. Envolve, de maneira geral, a conservação, manutenção e restauração de todo o sistema.

O setor de manutenção é um ramo que está em constante desenvolvimento, buscando manter uma boa eficiência e prolongar a vida útil dos equipamentos e, para esse fim, é feito o planejamento estratégico da manutenção. Esse planejamento é um conjunto de tarefas que tem como propósito assegurar o progresso do seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na sua gestão com eficiência de seus processos, a adequação contínua de sua estratégia, capacitação e estrutura, alinhando-se sempre com as metas e objetivos da produção.

Com isso, a manutenção deixou de ser uma atividade apenas de reparo nas organizações, sabendo que para alcançar suas metas e objetivos em seu processo produtivo ela pode ser uma boa aliada. A manutenção deve ser uma prática constante nas organizações, pois caso o equipamento quebre ou apresente defeitos na operação, pode influenciar na qualidade dos produtos, além da interrupção do processo que gera uma série de problemas como insatisfações e perda de confiabilidade dos clientes, receitas que deixam de ser obtidas, custos de reparos dos equipamentos e aumento nos índices de acidentes de trabalho.

Com a necessidade de aumentar a produtividade, os equipamentos estão em constante evolução e com maiores tecnologias inclusas, o que aumenta o custo e maiores exigências no controle quanto ao nível de manutenção. Assim, algumas empresas procuram melhorias em seu desempenho utilizando um controle de manutenção. O propósito deste trabalho é avaliar os impactos da manutenção em equipamentos pesados no setor de construção civil.

## **2. Referencia Teórico**

### **2.1. Histórico e Estratégias da Manutenção**

Segundo Siqueira (2005), a manutenção pode ser dividida em três gerações na qual cada geração é caracterizada por um período quanto à evolução das tecnologias dos meios de produção, e pelo input de novos conceitos e paradigmas nas atividades de manutenção.

Segundo Kardec; Nascif (2007), a manutenção, para ser estratégica precisa ser voltada para os resultados da organização e, assim, a manutenção deve se tornar mais eficaz, não sendo apenas eficiente. A estratégia é que os funcionários da manutenção se limitem a serviços programados, evitando os reparos emergenciais, para que o equipamento não tenha paradas desnecessárias no processo, que possa parar apenas por paradas programadas.

Mirshawka (1991) defende que a produtividade em 365 dias do ano só pode ocorrer nos maquinários onde a atividade do homem da produção seja direta, mas no conceito atual praticamente será nula. Na produção, uma boa produtividade será fruto da eficiência de todo um processo produtivo, que se inicia na ideia do produto e dos meios de fabricação e termina nas necessidades de parada para manutenção.

## 2.2. Planejamento, Organização e Controle da Manutenção

Planejar, dentro de um núcleo de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é detalhar planos de manutenção e de inspeção de pequenos projetos com o objetivo de garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Segundo Kardec; Nascif (2007) até o final da década de 80, a manutenção era organizada de forma conceitual, visando apenas o planejamento e administração dos recursos como pessoal sobressalente e equipamentos, de acordo com a carga de trabalho, por exemplo. Porém, o foco se ampliou com o passar do tempo devido às grandes mudanças, tanto organizacionais, quanto estruturais e, principalmente do posicionamento que as organizações tomaram de acordo com a evolução do mercado.

O planejamento deve ser desenvolvido de maneira ordenada, seguido de padrões e procedimentos bem definidos de modo que o mesmo sistematize o processo de decisão. É uma atividade permanente e contínua que tem como função principal facilitar o alcance dos objetivos, além de ser uma base confiável para tomada de decisões. Com isso, o processo de planejamento deve-se começar com a elaboração da matriz de criticidade dos ativos, que é feita a partir da análise dos ativos em relação aos aspectos de segurança pessoal, meio ambiente, produção e qualidade do produto.

Com o planejamento já bem definido e elaborado pelo PCM, torna-se possível o avanço para a fase de organização da manutenção.

De acordo com Kardec; Nascif (2007), algumas formas de se organizar o sistema de manutenção são: estruturas centralizadas, descentralizadas e mistas. Cada uma com suas vantagens e desvantagens, mas que se implantadas da maneira correta, respeitando tanto a estrutura quanto as restrições de sua empresa, possibilitam que a mesma se torne mais competitiva no mercado.

Depois de feita a organização da manutenção, é preciso elaborar estratégias de controle conforme a estrutura da empresa em questão, para que a funcionalidade destas estratégias seja padronizada e eficaz.

De acordo com Branco Filho (2008), a compreensão de como a equipe de manutenção deve ser distribuída, assim como toda estrutura hierárquica funciona dentro da organização de sua manutenção é parte integrante e inerente de todo e qualquer estudo sobre as atitudes de uma gerência de manutenção.

Depois de feita organização da manutenção, é preciso adotar formas de controle, tanto qualitativas quanto quantitativas, para que seja possível enxergar os pontos fracos e fortes do setor de PCM e assim dimensionar os custos de manutenção.

Com o intuito de facilitar o controle da manutenção, pode-se adotar indicadores, que têm a função de quantificar as medidas de controle e de indicar se as metas propostas pela empresa estão sendo ou não cumpridas.

Zen; Netto (2008) indica alguns indicadores que são referências no tema manutenção, são eles:

- a) Disponibilidade é a porcentagem de tempo em que um determinado equipamento se encontra disponível para executar sua função com total eficiência, excluindo o tempo em que o mesmo esteve parado para manutenção ou por qualquer outro motivo. Pode ser calculada dividindo o tempo médio entre falhas por ele mesmo e multiplicado pelo tempo médio de reparos e depois multiplicar o resultado por cem;
- b) Confiabilidade é a probabilidade de um equipamento executar sua função com o máximo de produtividade possível em um determinado período pré-estabelecido. É o fator de confiabilidade que promove a disponibilidade dos equipamentos;
- c) Custos da manutenção e não manutenção são os custos relacionados aos ganhos ou perdas de tempo, produtividade e receita com a adoção ou não das técnicas de manutenção ou de investimentos no próprio setor de manutenção;
- d) Tempo médio entre falhas (MTBF) é a média de tempo decorrido entre uma falha e a próxima vez em que ela ocorrerá. Pode ser calculado dividindo o tempo total de bom funcionamento pelo número total de falhas ocorridas;
- e) Tempo médio de reparos (MTTR) é a média de tempo que se leva para fazer os reparos necessários no equipamento depois da ocorrência da falha. Pode ser calculado, dividindo o tempo total de horas paradas pelo número total de falhas.

### 2.3. Manutenção Preditiva

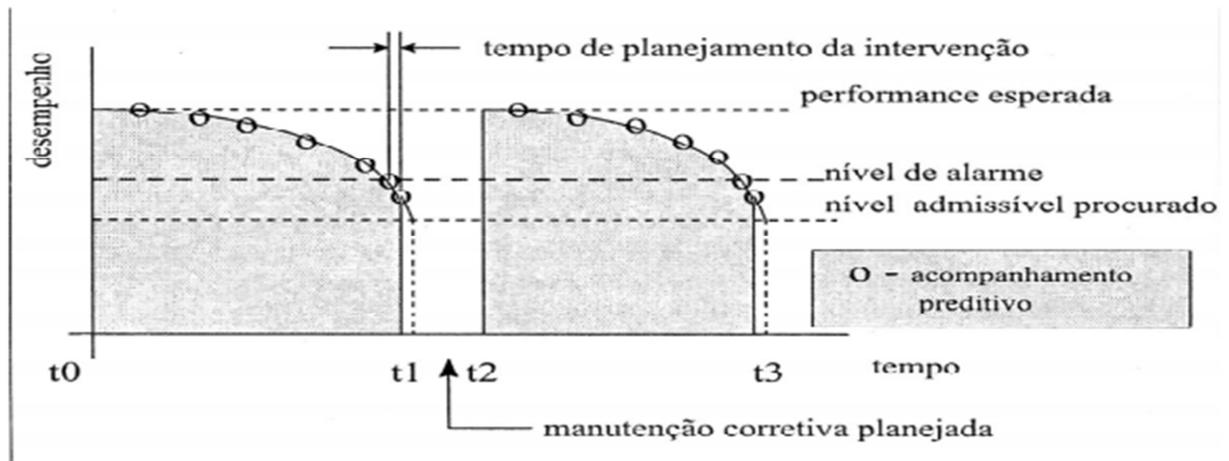
A principal função da manutenção é garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações, os seus tipos são descritos pela forma que é feita a intervenção no sistema. No presente trabalho, serão descritas quatro práticas de manutenção, consideradas como principais por diversos autores. Sendo elas: manutenção corretiva planejada e não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva. Essa pesquisa tem como foco a manutenção preditiva.

De acordo com Otani; Machado (2008) a manutenção preditiva realiza o acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, que tem como objetivo definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo.

Essa manutenção pode incluir monitoramentos de forma contínua que serviriam de base para as programações (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Nesta filosofia de manutenção, se faz necessário o comprometimento dos operadores, que serão os responsáveis pelo monitoramento do desempenho do equipamento, e conforme as informações do operador que será dado o sinal para a necessidade de uma intervenção. Os operadores ficam responsáveis por avaliar diversos parâmetros, dentre eles a análise de vibrações e óleo, termografia, ultra-som, balanceamento e alinhamento.

Dessa forma, Kardec; Nascif (2007) afirmam que a manutenção preditiva se dá pelo monitoramento das funções do equipamento, sendo está a grande quebra de paradigma na manutenção. Com esse acompanhamento é possível prever as condições dos equipamentos e assim, definir o período correto para a realização de uma manutenção corretiva planejada.

Os benefícios do uso da manutenção preditiva envolvem a redução dos prazos e custos de manutenção, previsão das falhas com antecedência maior, melhoria das condições de operação dos maquinários, entre outros (MIRSHAWKA, 1991 apud REIS et al. 2010).



Fonte: Kardec; Nascif (2007, p. 43)

Figura 1 – Manutenção Preditiva

O acompanhamento preditivo é feito por diversas vezes em tempos programados, quando o desempenho do equipamento chega ao nível de alarme, o setor da manutenção é acionado fazendo a troca dos componentes necessários.

Almeida (2000, p. 4) reforça a diferença principal entre a manutenção corretiva e a preditiva:

[...] talvez a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais, durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.

Portanto, a manutenção preditiva visa determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção nas peças dos equipamentos, eliminando desmontagens para inspeção desnecessárias. Para que isso ocorra é necessário realizar o monitoramento da máquina, os métodos principais para realização do monitoramento são:

- a) Análise de vibrações: Nível global, espectro de vibrações detecção de vazamentos pulso de choque;
- b) Análise de óleos lubrificantes ou isolantes: Viscosidade, número de neutralização, acidez ou basicidade, teor de água insolúveis, contagem de partículas metais por espectrometria por infravermelho, cromatografia gasosa, tensão interfacial, rigidez dielétrica, ponto de fulgor;
- c) Análise de temperatura: Termometria convencional indicadores de temperatura pirometria de radiação termografia;
- d) Verificações de geometria: Metrologia convencional alinhamento de máquinas rotativas;

- e) Ensaios elétricos: Corrente, tensão, isolamento perdas dielétricas, rigidez dielétrica, espectro de corrente ou tensão;
- f) Forças: Células de carga, teste de pressão teste hidrostático, teste de vácuo, detecção de trincas.

### 3. Metodologia de Pesquisa

Segundo Gil (2008) toda pesquisa tem seu objetivo específico. No que diz respeito às suas relações os objetivos ou propósitos são mais gerais. No caso deste artigo foi utilizado o método de pesquisa quanto aos fins a exploratória e quanto aos meios o estudo de caso.

A presente pesquisa se apresentou como um estudo de caso, onde foi elaborado um questionário pelos autores com perguntas que visaram englobar pontos-chaves do estudo. O mesmo foi dividido em 6 questões abertas, e teve como objetivo principal o esclarecimento detalhado, na visão dos colaboradores em cargos distintos. As perguntas abordam temas, sendo os tais: formas de manutenção preditiva adotada pela empresa, técnicas atuantes mais relevantes para a organização, ganhos com o emprego dos parâmetros de manutenção, dificuldades encontradas no processo de monitoramento, vantagens e desvantagens do monitoramento dos maquinários, e por fim, perdas caso a empresa pare de realizar o monitoramento.

Também foram utilizados como meios de pesquisa documentos da empresa estudada, manuais dos equipamentos e observações feitas pelos autores através de visitas no local da obra.

### 4. Resultados

#### 4.1. Equipamentos Utilizados na Pesquisa

A Tabela 1 a seguir irá exibir os dados dos equipamentos da construção civil que estão presentes no trecho em estudo, realizado do dia vinte de Setembro a vinte dois de Setembro, na obra do trecho da BR-381, entre Nova União/MG e São Gonçalo do Rio Abaixo/MG.

EQUIPAMENTO	ANO	FUNÇÃO NA OBRA	QUANTIDADE	FOTOS
-------------	-----	----------------	------------	-------

<b>Escavadeira M318D</b>	2014	Escavar, Remover Terra, Retirar Aterro	1	
<b>Motoniveladora 140K</b>	2013	Nivelamento Do Terreno	1	
<b>Trator D6NXL</b>	2016	Desbravamento De Terra, Tarefa de Laminação	1	
<b>Trator D6NXL</b>	2016	Desbravamento De Terra, Tarefa de Laminação	1	

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 1 – Mapeamento e Caracterização dos Equipamentos

#### 4.2. Parâmetros Passíveis de Serem Monitorados

A Tabela 2 a seguir lista os códigos de evento que se aplicam ao sistema de controle da máquina. A resposta recomendada é listada.

Parâmetros	Indicadores
Tensão do Sistema	Menor que a Voltagem 18v
Pressão de óleo de transmissão	Inferior 2900 kPa

Pressão óleo de transmissão	2716 kPa / 3600 kpa
Tensão sistema	Alimentação é 36VCC ou mais
Transmissão excesso de velocidade	Maior que 7KPH
Nível de combustível	2º filtro entupido
Alternador não carregando	9v
Temperatura do óleo hidráulico	14°C /95°C
Pressão acumulador	5000 KPA
Aviso alto nível de combustível / separador de água	status do separador de combustível / água está cheio por mais de 40 segundos.
Nível de óleo hidráulico	velocidade do motor é < 300 rpm e o status do óleo está baixo por mais de 2 segundos.
Filtro de óleo hidráulico obstruído	Temperatura do óleo é maior ou menor que 50 °
Obstrução do filtro de óleo hidráulico	Temperatura do óleo excede 50 °
Tensão de entrada de energia do ECM	18 VCC /32 VCC

Fonte: Autoria Própria (2018)

Tabela 2 – Parâmetros de Monitoramento

### 4.3. Impactos de se Monitorar os Equipamentos Pesados

Quando questionados, os colaboradores afirmaram que dentre os diversos parâmetros que podem ser acompanhados pela organização, apenas uma pequena parte é averiguada. Os parâmetros acompanhados são:

- a) Pressão do óleo do motor;
- b) Análise dos códigos de falhas;
- c) Inspeção diária.

Analisando as respostas dos funcionários, pode ser observado que 100% dos funcionários, acreditam que as formas de manutenção preditiva são de grande importância para manter o bom estado dos equipamentos, dentre os 100% que afirmaram a importância da manutenção preditiva, 50% deles afirmam que a análise de óleo é o parâmetro mais relevante, 25% disseram que o código de falha é o principal parâmetro, igualando a inspeção diária que também teve uma parcela de 25% dos funcionários. O Engenheiro Mecânico afirmou:

“Análise de óleo e o acompanhamento dos códigos de falhas, contribuem consideravelmente no controle do planejamento da manutenção, dessa forma podemos antecipar os riscos de paradas desnecessárias e realizar o acompanhamento de desgastes dos componentes, redução de custos e etc.”



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 2 – Parâmetros mais Utilizados

Ao se questionar os colaboradores, os mesmos demonstraram que os maiores ganhos para a empresa em se utilizar técnicas da manutenção preditiva são: 40% a otimização do tempo, 35% aumento da vida útil dos equipamentos e 25% a redução de gastos com peças sobressalentes. Os dados estatísticos serão representados na Figura 9.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 3 - Ganhos ao se Utilizar as Técnicas da Manutenção Preditiva

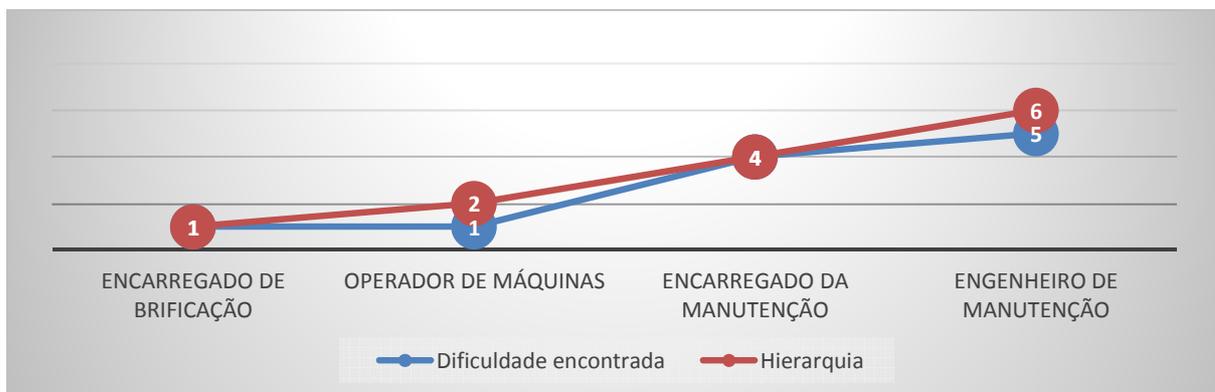
Segundo o Engenheiro Mecânico responsável:

“O Ganho de tempo quando se trata de paradas nos equipamentos, visto que estas podem ser programadas, fazendo com que a produção não seja pega de surpresa.”

Informação que procede quando se comparado com a afirmação de Xenos (1998), que destaca a vantagem do uso da manutenção preventiva quando diz que a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção.

Com base nas informações coletadas, também foi observado que 60% dos funcionários afirmaram não ter encontrado nenhuma dificuldade relacionada as técnicas da manutenção preditiva e 40% deles colocaram o custo de implantação como sendo uma grande dificuldade. Um fato interessante nesse ponto é que quando se analisa o cargo dos funcionários, o Engenheiro Mecânico e o Encarregado de Manutenção foram os colaboradores que enxergavam o custo como sendo uma dificuldade. Tirando assim uma conclusão de que

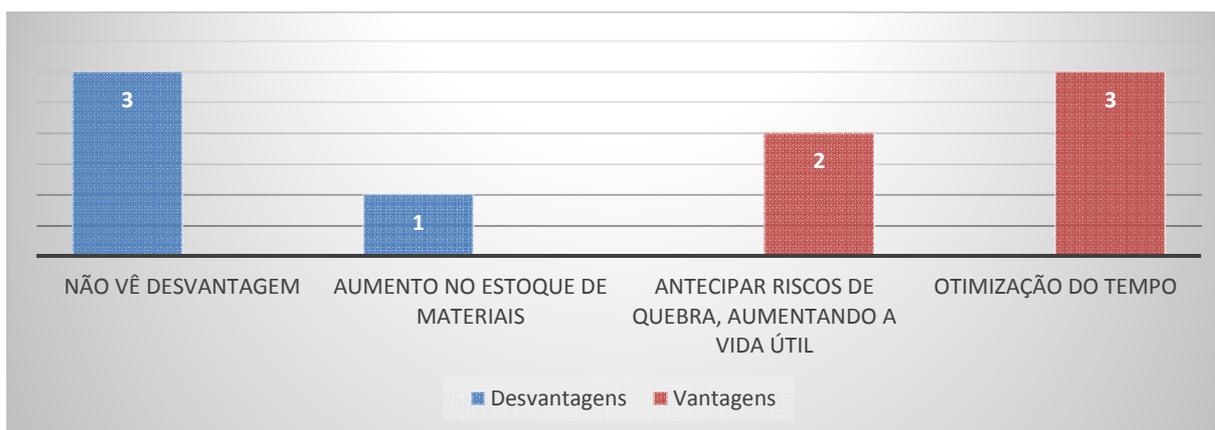
quanto maior o nível hierárquico, mais ampla é a sua visão e maiores são as dificuldades encontradas.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 4 – Dificuldade encontrada com base nos cargos

Quando questionados sobre as maiores vantagens na adoção desse modelo de manutenção preditiva, foi tido como resposta que os maiores ganhos estão em torno da otimização do tempo e a redução de quebras nos equipamentos. A única desvantagem exposta ao se questionar os funcionários é a dificuldade em se fazer o acompanhamento das máquinas de forma rigorosa, pois demanda um grande número de horas de trabalho. Quanto a dificuldade encontrada, Almeida (2000) rebate o argumento dado dizendo “O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado”, ou seja, o tempo gasto e as dificuldades encontradas durante o acompanhamento dos equipamentos, não se equipara ao tempo que seria gasto caso algum dos maquinários viesse apresentar defeitos. As vantagens e desvantagens na utilização dos parâmetros segundo os funcionários podem ser observadas no gráfico ilustrado pela Figura 5.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 2 – Dificuldade encontrada com base nos cargos

Em relação a perdas, os funcionários de forma unanime afirmaram que a maior perda para a empresa com a não utilização dos parâmetros seria a falta do controle da manutenção, que ocasionaria o aumento dos custos de mão de obra e de manutenções preditivas.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 6 – Gestão da Manutenção

## 5. Considerações Finais

Com base na organização em estudo pode-se tirar duas conclusões principais para a pesquisa, a primeira delas é que existem diversos parâmetros que são passíveis de serem monitorados nos equipamentos do trecho em estudo, a empresa monitora uma pequena parte desses parâmetros, para a organização, foi obtido o sucesso esperado ao atingir o equilíbrio que desejava, adotando os parâmetros mais rentáveis da manutenção preditiva para estes maquinários. Os pontos positivos em se monitorar mais parâmetros podem ser facilmente analisados quando avaliamos o valor do equipamento e o valor do acompanhamento destes parâmetros, o acompanhamento não necessita de um investimento alto e seus custos são cobrados de forma gradativa, fazendo com que a empresa detecte alguma não conformidade na máquina antes do mesmo se tornar um problema, os parâmetros analisados servem para detectar a causa raiz dos defeitos não deixando o mesmo se alastrar e causar danos em outros componentes do equipamento, assim a empresa irá conseguir investir em uma área onde conseguirá reduzir seus custos de maneira significativa mais adiante.

A segunda conclusão é de que as organizações não podem se manter de forma estagnada no seu processo atual de manutenção, a manutenção preditiva é justamente o reverso, pois se baseia na melhoria contínua, não basta apenas monitorar e acompanhar os parâmetros, a mesma precisa de buscar o aperfeiçoamento contínuo. As organizações que desejam ter um modelo de manutenção eficiente deverão adotar métodos como: decisões gerenciais dos objetivos estratégicos de manutenção exclusivamente para o setor de manutenção, buscar a criação de indicadores de manutenção com análise rigorosa e análise dos mesmos, desenvolver treinamentos de capacitação para a equipe de manutenção e, por fim, desenvolver a cultura da busca contínua de qualidade e a não-aceitação de falhas.

## Referências

**AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S.** Pesquisa de marketing. São Paulo: Atlas, 2004.

**ALMEIDA, M. T.** Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2018.

**BRANCO FILHO, Gil.** A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

**CATERPILLAR.** Disponível em: <[www.cat.com/pt\\_BR/support/operations/cat-connect-solutions/cat-emsolutions.html](http://www.cat.com/pt_BR/support/operations/cat-connect-solutions/cat-emsolutions.html)>. Acesso em: 03 mai. 2018.

**COSTA, H. G.** Auxílio multicritério à decisão: método AHP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2013.

**GIL, Antonio Carlos.** Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

**KARDEC, A.; NASCIF J.** Manutenção: função estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2007.

**MIRSHAWKA, Victor.** Manutenção preditiva: caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron Books, 1998.

**NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos.** Manutenção orientada para resultados. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2010.

**GUIMARÃES, P. P.** (2004). Configuração urbana. São Paulo, ProLivros

**OTANI, M.; MACHADO, W. V.** A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, 2008.

**SCHUMPETER, Joseph Alois.** Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

**SIQUEIRA, Iony Patriota.** Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

**SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2002.