

A MANUTENÇÃO PREDITIVA EM EQUIPAMENTO DE ALTA CRITICIDADE: VENTILADORES CENTRIFUGO RADIAL

Bianca Oliveira Spolaor (UTFPR) bianca.spolaor@biorigin.net

José Luis Dalto (UTFPR) josedalto@utfpr.edu.br

Tiago Lopes (UTFPR) tiago.lopes@biorigin.net

Noel Antônio Moreira (UTFPR) noel.moreira@biorigin.net

Resumo: Devido ao grande avanço industrial, tecnológico e competitivo, resultantes da busca incessante pelo aumento da produtividade, as empresas estão cada vez mais aderindo a sistemas que garantam a qualidade do produto, satisfação do cliente e disponibilidade dos equipamentos, a fim de evitar as interrupções por falhas, mais conhecidas como paradas não programadas ou emergenciais. Paradas no qual afetam diretamente a produção, podendo durar dias, devido à falta de algum material no estoque. Uma das técnicas que surgiu devido à preocupação com as prováveis falhas dos componentes, foi a manutenção preditiva. O presente trabalho evidencia a aplicabilidade e retorno financeiro na utilização de planos de manutenção preditiva em ventiladores centrífugo radial, bem como a confiabilidade e disponibilidade destes equipamentos, no processo industrial de secagem de levedura. Os métodos preditivos utilizados para coleta de dados são: inspeção visual, análise de vibrações, análise de ruídos e análise termográfica, executados periodicamente. É relevante observar, porém, que na implantação de um sistema de manutenção preditiva, haverá um investimento inicial em equipamentos de análise e monitoramento, assim como na capacitação de mão de obra especializada, que ao longo do tempo se reverterá na melhoria dos índices de disponibilidade e prolongamento da vida útil dos equipamentos.

Palavras-chave: Ventiladores centrífugo radial, Manutenção preditiva, Confiabilidade, Vida útil.

PREDICTIVE MAINTENANCE IN HIGH CRITICAL EQUIPMENT: RADIAL CENTRIFUGE FANS

Abstract: Due to the great industrial, technological and competitive advancement resulting from the relentless pursuit of increased productivity, companies are increasingly adhering to systems that ensure product quality, customer satisfaction and equipment availability in order to avoid downtime. failures, better known as unplanned or emergency stops. Stops in which they directly affect production and may last for days due to lack of material in stock. One of the techniques that emerged due to concern about likely component failures was predictive maintenance. The present work shows the applicability and financial return in the use of predictive maintenance plans in radial centrifugal fans, as well as the reliability and availability of these equipments in the industrial process of yeast drying. The predictive methods used for data collection are: visual inspection, vibration analysis, noise analysis and thermographic analysis, performed periodically. It is important to note, however, that in the implementation of a predictive maintenance system, there will be an initial investment in analysis and monitoring equipment, as well as training of skilled labor, which over time will revert to improving availability rates. and prolonging equipment life.

Keywords: Radial Centrifugal Fans, Predictive Maintenance, Reliability, Service Life.

1. Introdução

Com o aumento da competitividade e a busca pela melhoria contínua no ramo industrial, as indústrias estão investindo cada vez mais em equipamentos de última geração, o que por sua vez, vão se tornando mais complexos, eficientes e conseqüentemente mais caros. Porém quando algum destes equipamentos vem a falhar o prejuízo é enorme, pois terá que realizar uma manutenção corretiva do equipamento o que gera altos custos por paradas não programadas e substituição de componentes danificados, e esses custos correspondem à parte principal de todos os custos operacionais da planta, o que afeta diretamente no custo dos bens produzidos, mas para que possamos reduzir esses números assustadores temos recursos e ferramentas que possam ser utilizados para que esses equipamentos não venham a falhar e principalmente a quebrar.

Neste estudo será falado da importância da manutenção preditiva e os métodos utilizados em um equipamento de alta criticidade, os Ventiladores Centrifugo radial, no qual sua disponibilidade desejada é de 100%.

O ventilador centrifugo tem como função o transporte do fluxo de ar, em que converte a energia mecânica proveniente da rotação do rotor, em energia potencial e cinética. Graças a essa energia adquirida, o ar torna-se capaz de vencer as resistências oferecidas pelo sistema, podendo assim realizar a secagem. Secagem no qual, pode obter uma redução do tempo de processamento, devido às altas temperaturas, que elevam a capacidade do ar em absorver a água, ao grande fluxo de vazão de ar que passa através do produto e a pressão, que faz o produto escoar ao longo de tubulações ou dutos e vencer as resistências oferecidas.

Seu funcionamento consiste na alta rotação do rotor, que contém em seu interior uma carcaça em formato de um espiral, providos de pás (que ajudam a carregar o produto). Seu princípio de trabalho é semelhante aos das bombas centrifugas, onde fluido, no caso ar, entra na direção axial ao eixo de rotação e, então é movido do centro para a periferia do rotor por ação da força centrífuga, saindo perpendicular ao mesmo eixo.

Dentro do caracol rotativo é gerada uma alta força centrífuga. Justamente pelo equipamento trabalhar em altas rotações, o desgaste de seus componentes são maiores.

Na manutenção preditiva o principal objetivo é de monitorar o equipamento e seus componentes, aproveitando o máximo da vida útil de seus componentes sem que haja desmontagem para inspeção. Os métodos utilizados para realizar o monitoramento são: inspeção visual, análise de óleo, análise de vibração, análise de ruídos e análise termográfica. Porém os equipamentos de monitoramento são de elevado custo no mercado no qual haverá de investir na compra dos mesmos e também investir na capacitação da mão de obra que irá operar o equipamento e realizar a leitura fornecendo os resultados obtidos.

2. Manutenção Preditiva

Segundo Monchy (1989), manutenção preditiva (manutenção de condição), é uma forma evoluída da preventiva, colocando o material "sob supervisão contínua. Segundo Pinto (2001) a Manutenção Preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Para Pinto (2001), entende-se como Manutenção Corretiva Planejada quando é realizada a intervenção, fruto do acompanhamento preditivo. Esse tipo de manutenção é conhecido

como CBM (Condition Based Maintenance) ou Manutenção Baseada na Condição. Permite que os equipamentos operem por mais tempo e a intervenção ocorra com base em dados e não em suposições. Algumas empresas adotam uma classificação onde a Preventiva engloba a Manutenção Baseada no Tempo e a Manutenção Baseada na Condição, isto é a Preditiva seria um ramo da Preventiva. Opta-se por mantê-la separada tendo em vista as características diferentes das duas.

Segundo TAVARES (1996), são responsabilidades atribuídas a manutenção: a diminuição da paralisação das máquinas que afetam diretamente a produção; a elevação da segurança do ambiente; a manutenção em tempo correto das ocorrências que diminuem o auge de execução dos serviços; a garantia de que as instalações funcionarão. O controle da manutenção preditiva é a determinação do ponto excelente para acontecer a manutenção preventiva numa máquina.

Ainda segundo TAVARES (1996) “Entende-se por controle preditivo de manutenção, a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade do equipamento falhar assume valores indesejáveis. A determinação desse ponto traz como resultado índices ideais de prevenção de falhas, tanto sob o aspecto técnico como pelo aspecto econômico, uma vez que a intervenção no equipamento não é feita durante o período que ainda está em condições de prestar o serviço, nem no período em que suas características operativas estão comprometidas”

Segundo Almeida (2000, p. 4): “[...] trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”. A manutenção preditiva não é apenas monitoramento e análises ou qualquer das outras técnicas de teste não destrutivo, a manutenção preditiva é um estudo ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e para otimizar a operação total da planta industrial. Segundo ALMEIDA (2000, p. 4): “(...) trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”. Este tipo de manutenção indica as condições reais de funcionamento dos equipamentos baseando-se nos dados sobre o desgaste ou o processo de degradação. Tal procedimento prediz o tempo de vida útil dos componentes e as condições para que esse tempo seja melhor aproveitado pelo usuário. A manutenção preditiva tem como objetivos eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção, impedir o aumento de danos, aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção e reduzir o trabalho de emergência não planejado.

Mirshawka (1993) define a manutenção preditiva como sendo “a manutenção preventiva baseada no conhecimento do estado/condição de um item, através de medições periódicas ou contínuas de um ou mais parâmetros significativos. A intervenção de manutenção preditiva busca a detecção precoce dos sintomas que precedem uma avaria. São denominações equivalentes: manutenção baseada na condição ou manutenção baseada no estado ou manutenção condicional”. Para Moura (1999), uma das principais preocupações e desafios para a gerência da manutenção nos tempos recentes, tem sido a disponibilidade das instalações, o baixo custo direto da manutenção e a alta produtividade organizacional da manutenção. Neste sentido, a manutenção dos equipamentos aparece como uma importante atividade na organização, tornando-se necessário a adoção de indicadores de desempenho voltados para a avaliação e monitoramento dos sistemas de manutenções. A

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 11) “À atividade de manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas, principalmente, é preciso manter a função do equipamento disponível para a operação, evitar a falha do equipamento e reduzir os riscos de uma parada de produção não planejada.”

Kardec e Nascif (2009, p. 23) definem que a manutenção é feita para “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI; MACHADO, 2008).

3. Métodos de monitoramento

3.1 Inspeção Visual

É a técnica mais simples da manutenção preditiva e de menor custo, porém não menos importante, já que as inspeções visuais rotineiras dos equipamentos podem se detectar através dos sentidos de seu mantenedor, em que se podem detectar falhas de fácil resolução no estágio inicial. Na prática consiste na observação de certas características dos equipamentos, tais como: ruído, nível do óleo, temperatura, condições de conservação (corrosão, alterações dimensionais, desgastes, deformação, desalinhamento, pintura danificada, trincas, sujeira excessiva, ressecamento, vazamento), vibração muito elevada e perceptível, etc.

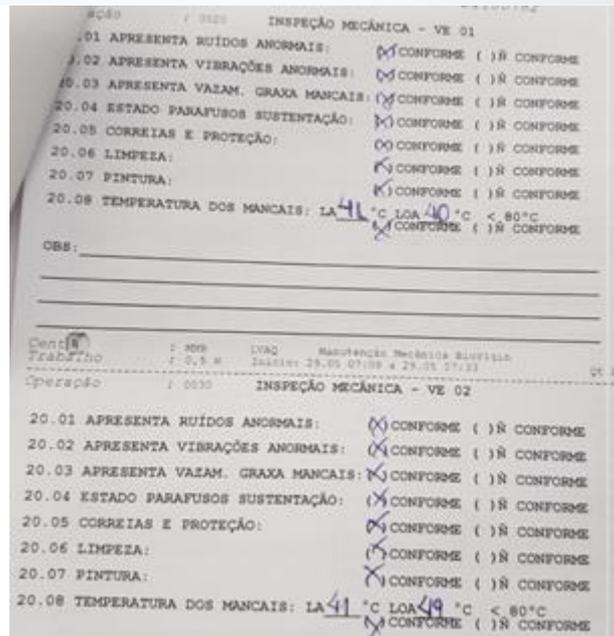
Quando realizado o registro de tais atividades, é possível acompanhar os desenvolvimentos dessas falhas, tornando possível identificar o tempo ideal de troca / intervenção utilizando algum modelo estatístico. Por isso essa observação deve ser periódica e a sua eficácia consiste na constância da observação, já que estará acompanhando os aspectos do funcionamento dos equipamentos, podendo detectar mudanças de pequenas proporções/ parâmetros.

Normalmente adicionadas em planos de manutenção detectiva, a inspeção de forma visual está descrita numa ordem de serviço em parâmetros de checagem, sendo que, em algumas vezes, identificando os pontos que precisam de monitoramento.

Além de existir a necessidade de parâmetros padrões nas ordens de serviço, é imprescindível a produção de instruções de trabalho para atividades, sua importância para a inspeção é definir como chegar às ferramentas utilizadas, parte a ser inspecionada, cuidados com a segurança e posição de observação. Sem a definição desses passos, realizar essa atividade poderá ter um resultado inesperado. Em casos de levantamento de inspeções detectiva anormais, o mais aconselhável, é fazer a validação de não conformidade, partindo de uma técnica preditiva de análise de vibração, assim, posterior a isso tratar o acontecido.

Dependendo do nível da anormalidade encontrada, poderá ou não parar o equipamento para executar a devida manutenção.

A figura 01 apresenta o preenchimento dos campos do documento, de acordo com as características do equipamento (ventilador centrifugo radial).



The image shows two inspection sheets for mechanical inspection. The top sheet is labeled 'INSPEÇÃO MECÂNICA - VE 01' and the bottom sheet is 'INSPEÇÃO MECÂNICA - VE 02'. Both sheets list 8 items to be inspected, each with a checked box indicating 'CONFORME' (conforming) and an unchecked box for 'NÃO CONFORME' (non-conforming). The temperature of the bearings (item 20.08) is recorded as 41°C for both, with a limit of 80°C.

Item	Conforme	Não Conforme
20.01 APRESENTA RUIDOS ANORMAIS:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.02 APRESENTA VIBRAÇÕES ANORMAIS:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.03 APRESENTA VAZAM. GRAXA MANCAIS:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.04 ESTADO PARAFUSOS SUSTENTAÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.05 CORREIAS E PROTEÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.06 LIMPEZA:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.07 PINTURA:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.08 TEMPERATURA DOS MANCAIS: LA 41 °C LOA 80 °C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 01 – Plano de Inspeção

Fonte: Dados da empresa

3.2 Análise de Vibração

Essa técnica é utilizada na manutenção preditiva para fazer a avaliação de equipamentos rotativos que apresentem um maior custo/benefício, quando relacionado as outras técnicas, produzindo dados que permitam aumentar a vida útil das máquinas, tendo como base as informações encontradas durante as operações normais do mesmo.

Nem toda vibração é normal ou necessária, porém, toda máquina vibra, existem alguns limites na vibração para cada equipamento, eles dependem da: forma construtiva e de funcionamento, a geometria da máquina, tipos de esforços que o equipamento é submetido, entre outros fatores. As vibrações são as trepidações ou oscilações de um equipamento, forçando-a sair de sua posição estável. É através de um gráfico que essa vibração é registrada, convertendo-o de um sinal para um espectro de vibração, possibilitando que um analista qualificado faça a interpretação.

Consiste em medir deslocamento e velocidade de vibração em determinados pontos de equipamentos rotativos. Existem no mercado instrumentos mais avançados, onde são feitos monitoramento contínuos através de sensores instalados em pontos estratégicos dos equipamentos, onde são coletados dados constantes e analisados em softwares especializados, capazes de medir além das variáveis relacionadas à vibração, medem outros parâmetros como temperatura, corrente elétrica e variáveis ocorridas no decorrer do processo. (Kardec e Nascif, 2001, p.36).

Desde quando começou-se as atividades da manutenção, os inspetores visam mensurar o “tamanho” da vibração a partir dos sentidos humanos, mas este não é o melhor caminho. Junto com a evolução da tecnologia, foi possível criar equipamentos para a leitura e análise de dados, levando em conta que transformação da vibração mecânica em um sinal eletrônico é o melhor caminho. O meio de conversão dos sinais mecânicos para sinais eletrônicos são os transdutores. É proporcional o sinal de saída de um transdutor a sua rapidez (frequência) para seu tamanho (amplitude) do movimento. Essa frequência emite

qual é a fonte de vibração da máquina e a amplitude qual é a sua severidade. Sua aplicação pode ser executada em todas os maquinários rotativos, onde ao decorrer de seu funcionamento, sofre com a deteriorização, afetando a distribuição de energia vibratória por todo equipamento. Quanto mais elevadas às vibrações, é mais fácil identificar o estado da máquina.

O início da análise de vibração tem como base a ideia de que as máquinas nos dão os sinais vibratórios, onde a frequência é semelhante à frequência dos agentes vibradores. Com os dados das vibrações é possível identificar a origem dos esforços da máquina em operação. A detecção das vibrações nas máquinas, auxilia na identificação das falhas presentes com antecedência. As falhas que precisam ser corrigidas são: desajuste de vínculos, deformação de eixos, rotor desbalanceado, lubrificação, falta de rigidez, folga excessiva em buchas, problemas hidráulicos e cavitação, problemas aerodinâmicos, engrenagens com defeitos, rolamentos deteriorados, acoplamentos com certo desalinhamento (Danilo, 2012).

É o analisador de vibrações, um aparelho utilizado na análise de vibrações, ela é feita na horizontal, vertical e axial do separador, onde os resultados são coletados pelo aparelho (figura 02), e posteriormente armazenado em um computador para que um técnico possa fazer a leitura dos gráficos e emitir o laudo de uma possível falha (figura 03).



Figura 02 – Aparelho analisador de vibração; SKF Microlog Analyzer GX

Fonte: Dados da empresa

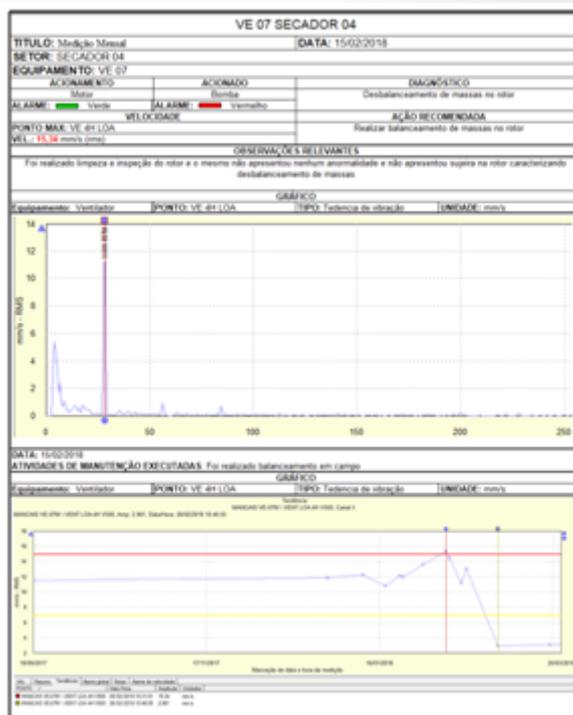


Figura 03 – Laudo análise de vibração
 Fonte: Dados da empresa

3.3 Análise de ruídos

A análise de ruído é efetuada com o instrumento estetoscópio eletrônico, de alta qualidade que possibilita a determinação de peças problemáticas de máquinas através da detecção de ruídos da mesmas.

A respeito da identificação de problemas inoportunos, Costa, Maruyama e Neto (2014) dizem que ao ocorrer uma interrupção, é utilizada a solicitação térmica ou mecânica, onde a área com defeitos origina uma redistribuição de forças localizadas, isso acontece com a liberação de ondas de tensões em forma de ondas mecânicas.

A frase: “normalmente o ruído surge primeiro como vibração, sendo a variação de força que gera uma vibração entre os componentes, e é transmitida ao redor da estrutura”, dita por Brun e Coronado (2010), diz que somente quando a vibração trepida as paredes que o ruído é produzido. O seu principal objetivo é avaliar as condições de integridade identificando e classificando as áreas ativas em relação ao seu grau de deteriorização. Para realizar essa análise, é utilizado o estetoscópio eletrônico (Figura 04), onde o colaborador (figura 05) coleta o ruído em tempo real.



Figura 04 – Estetoscópio eletrônico

Fonte: Dados da empresa



Figura 05 – Colaborador coletando ruído

Fonte: Dados da empresa

3.4 Análise termográfica

A análise termográfica é uma técnica de diagnóstico que utiliza câmeras com sensores infravermelhos (figura 06), para medição em campo (figura 07) da temperatura e distribuição de calor, que pode ser convertida em um laudo (figura 08), com o objetivo de detectar problemas em sua fase inicial, precisamente no local afetado.

O monitoramento através da temperatura avaliando as suas variáveis, torna-se de fácil controle, e contribui para uma avaliação rápida se houver possíveis alterações nas condições de uso dos equipamentos. (Verri,2007, p. 103)

Como dizem Costa, Maruyama e Neto (2014), o acompanhamento de temperatura e formação de imagens térmicas é feito pela técnica com a radiação infravermelha. Com tal tecnologia pode-se detectar em estágio inicial os processos de falhas produzidos por anomalias em determinados componentes antes que sua interrupção aconteça. Essa tecnologia quando utilizadas em equipamentos mecânicos permite encontrar problemas causados pelo atrito das peças referente a lubrificação inadequada, o desalinhamento dos eixos por conta do aquecimento no acoplamento, ao ser realizada em equipamentos estáticos, tem como objetivo a identificação em regiões onde existia deficiência de

isolamento térmico. Tal radiação é formada pelas variações de temperatura, emitindo imagens térmicas que ajudam na prevenção de falhas e paradas no equipamento consequentemente nos processos produtivos. É importante lembrar que somente quando os equipamentos e sistemas estão em funcionamento pleno que esta análise é feita, permitindo a formação de perfil térmico das máquinas em condições normais de funcionamento.



Figura 06 – Aparelho de análise termográfica
Fonte: Dados da empresa



Figura 07 – Coleta de dados em campo
Fonte: Dados da empresa

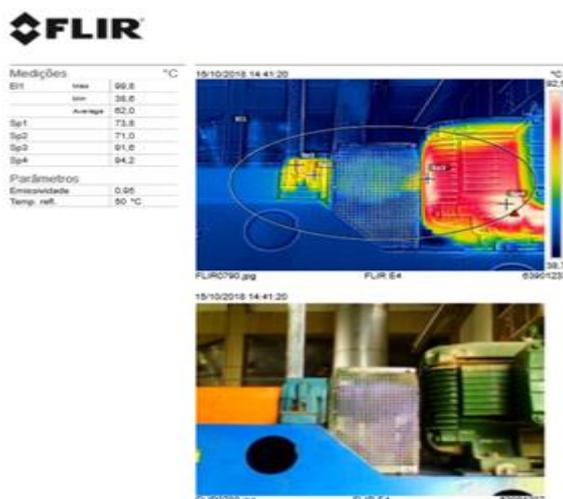


Figura 08 – Laudo análise térmica
Fonte: Dados da empresa

4. Resultados e Discussões

Analisando os gráficos é possível perceber o aumento da disponibilidade dos equipamentos, no intervalo de 2015 para 2019, onde evidencia o reflexo direto da implantação da metodologia, junto com a aquisição dos equipamentos de monitoramento e treinamento da mão de obra, assim passando os resultados a serem positivos com a queda na quantidade das paradas não programadas pela manutenção, juntamente com declínio dos custos de manutenção provenientes do mesmo.

Esta metodologia foi aplicada no ano de 2015 e a partir desta data houve uma grande redução de falhas inesperadas, aumentando assim a disponibilidade do ventilador.

O setor de manutenção trabalhava até 2014 somente com inspeções visuais. Com a manutenção preditiva bem implantada, foi possível identificar precocemente possíveis falhas nos ventiladores, programando e planejando futuras manutenções necessárias, não gerando quebra e impactos na produção. Também foi evidenciada uma grande redução de custo.

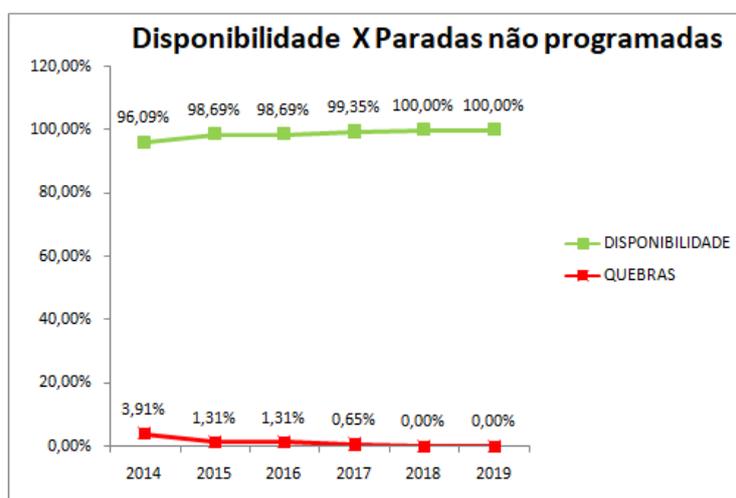


Gráfico 1 – Representação da redução de quebras e aumento da disponibilidade
Fonte: Dados da empresa

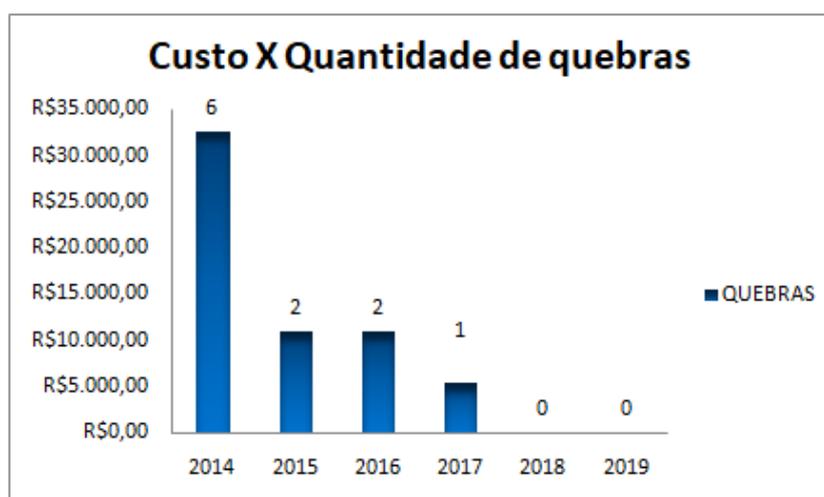


Gráfico 2 – Representação visual da diminuição de quebras inesperadas e redução de custo de manutenção
Fonte: Dados da empresa

Portanto, o resultado obtido nos leva enxergar que há uma clara mudança de que ao investir na manutenção preditiva em equipamentos, nesse caso de alta criticidade, o retorno será gradativamente percebido até que a disponibilidade passe a ser totalmente satisfatória sem que haja surpresas indesejáveis.

5. Conclusão

A aquisição de equipamentos de monitoramentos e análises, quando somada ao treinamento da mão de obra para a execução da manutenção preditiva, inicialmente é de alto valor monetário. Porém, ao passar do tempo, todos os investimentos feitos serão revertidos em resultados positivos, ocasionando na eliminação de paradas não programadas e por consequência na diminuição dos custos, permitindo manter a disponibilidade ao máximo, assim como também o aumento da vida útil do mesmo.

É necessário ressaltar que a implantação da metodologia de manutenção preditiva não pode ser confundida como um custo, já que ela é um investimento. Investimento no qual, resulta na redução de desperdício (trocas e desmontagens desnecessária de componentes), de quebras inesperadas, de paradas não programadas da produção, dos custos emergências (já que não é necessária a compra de materiais sem a devida negociação), redução dos componentes afetados e dos erros técnicos (evitando uma intervenção desnecessária), baseados em incertezas. Também vale observar que os equipamentos adquiridos para execução da metodologia preditiva, poderão ser utilizados nos demais equipamento da fábrica, e assim possibilitar os mesmos resultados positivos alcançados.

Vale mencionar que a manutenção preditiva é a única técnica que evidencia o real status de funcionamento dos equipamentos, da forma mais exata possível. Sendo possível acompanhar seu histórico e condições de funcionamento, para tomar atitudes sólidas, podendo estes, servirem de base para o estudo de frequência das manutenções preventivas.

Referências

ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 2 de setembro de 2018, 17:44:28. 2018.

BRUN, José C. & CORONADO, Maurício. Ruído e Vibrações em Redutores – Estudo e prática nas Análises Vibracionais. Power & Motion do Brasil Ltda. 2010

COSTA, Augusto Henrique; MARUYAMA, Max Hiroo; NETO, Rubens Roberto Ingraci. Manutenção Preditiva. 2014. 5 p. Artigo (Engenharia Mecânica) - Unesp, Júlio de Mesquita Filho, [S.I.], 2014. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_8.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

DANILO, Silvio. Manutenção Preditiva: Técnicas de Manutenção Preditiva. 2012. 1 p. Trabalho escrito (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Unimar, Universidade de Marília, [S.I.], 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABN2YAJ/manutencao-preditiva-trabalho-escrito>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

KARDEC, A.; NASCIF J. Manutenção: função estratégica. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. 1.ed.. Rio de Janeiro: Qualitymark, Petrobras, 2001.

MIRSHAWKA, Vitor OLMEDO, Napoleão Lupes. Manutenção - combate aos custos da não-eficácia - a vez do Brasil. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MONCHY, François. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Durban Ltda, 1989.

MOURA, Edílson Simões. Técnicas e Sistemas de Gerenciamento da Manutenção, Belo Horizonte: Metaconsultoria Empresarial e Treinamentos Ltda, 1999.

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

PINTO, Alan k. & XAVIER, Júlio A. N. Manutenção: função estratégica – Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção - estratégias, otimização e gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., 1996.

Verri, Luiz A. Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial.1 ed. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2007.