



FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – UBÁ
FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DOUGLAS SOARES DE AMORIM

**IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO GERAL COM ABORDAGEM NO FATOR DE
POTÊNCIA**

UBÁ

2016

DOUGLAS SOARES DE AMORIM

**IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO GERAL COM ABORDAGEM NO FATOR DE
POTÊNCIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Israel Iasbik

UBÁ

2016

Dedicatória

Dedico a minha mãe pelo apoio, compreensão e imenso incentivo para realizar um grande sonho.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida, saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos mestres, pela valiosa contribuição para que eu chegasse até aqui.

Aos amigos, que estiveram sempre juntos apoiando-me nesta conquista.

A Aline, pelo carinho e compreensão.

A todos, que direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação.

Resumo

A manutenção industrial assume papel estratégico na indústria em um cenário altamente competitivo, onde pequenos desperdícios e falhas comprometem o desempenho da organização. É importante que os gestores das organizações entendam o processo de produção e função da manutenção e que seus desvios impactam na produtividade da empresa. O modelo de manutenção adotado deve ser capaz de identificar falhas no processo e propor alterações que melhorem o desempenho da manutenção gerando maior produtividade com menor custo. O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar conceitos básicos da manutenção industrial e demonstrar que sua falta, gera perdas e onera custos à empresa, com demonstração em uma instalação elétrica de uma fábrica de móveis, com abordagem no fator de potência. Desta forma, conclui-se que a falta de manutenção gera um custo adicional de 4,2% para essa empresa. Assim, é necessário que todas as falhas sejam reparadas dentro do sistema produtivo, garantindo a disponibilidade dos equipamentos e instalações. Serão discutidas as concepções teóricas do assunto, como os conceitos, as abordagens, gestão estratégica, plano de ação, falhas, confiabilidade e estudo de caso. Todas as discussões são baseadas em referências bibliográficas. O estudo de caso, em apenas um setor da indústria, demonstra os benefícios e o efeito positivo da implantação da manutenção dentro de uma indústria, sendo vista como um mecanismo positivo na estratégia da organização.

Palavras-chave: Manutenção. Desempenho. Falha. Fator de potência.

Abstract

Maintenance industrial assumes a strategic role in the industry, in a highly competitive scenario, where small wastes and failures compromise the performance of the organization. It is of the utmost importance that the organizations' managers understand the production process and maintenance function and that their deviations impact on the productivity of the company. The adopted maintenance model must be able to identify process failures and propose changes that improve maintenance performance, generating higher productivity at lower costs. The present work of course completion aims to present basic concepts of industrial maintenance and demonstrate that its lack, generate losses and costs the company, with demonstration in an electrical installation of a furniture factory, with power factor approach, of this In this way, we will conclude that the lack of maintenance generates an additional cost of 4.2% for this company, making it necessary for all failures to be repaired within the production system, ensuring the availability of equipment and facilities. The theoretical conceptions of the subject will be discussed, such as concepts, approaches, strategic management, action plan, failures, reliability and case study, all discussions are based on bibliographic references. The case study, in just one industry sector, already demonstrates the benefits and positive effect of deploying maintenance within an industry and is seen as a positive mechanism in the organization's strategy.

Keyword: Maintenance. Performance. Failure. Power Factor.

1 INTRODUÇÃO

A palavra manutenção é derivada do latim, *manus tenere* - significa manter o que se tem, e está presente na história humana, desde o momento em que o homem começou a manusear instrumentos de produção. Aproximadamente em 1900, surgiram as primeiras técnicas de planejamento de serviços com Taylor e Fayol, e em seguida o gráfico de Gantt que permitia fazer programações de tarefas e demonstrar suas relações, porém só durante a Segunda Guerra Mundial a manutenção assumiu papel estratégico para as organizações, principalmente, as militares e a consolidação de sua importância só ocorreu no período pós-guerra. No Brasil, a manutenção ganha importância apenas com a abertura dos portos na década de 90 (VIANA, 2002).

Para Slack (2009), os benefícios da manutenção são significativos em questões que incluem melhoria na segurança, maior qualidade nos produtos, custo de operações mais baixos, aumento no tempo de vida dos processos de tecnologia e do valor residual mais alto.

Segundo Lafraia (2001), as vantagens estratégicas em um sistema de manutenção contemplam e influenciam no aumento do lucro através de menos paradas não programadas, menores custos de manutenção/operação/apoio, menores possibilidades de acidentes. Fornecem também soluções de otimização de recursos como, aumento da produtividade, flexibilidade, no tempo de resposta na mudança de produtos, cumprimento da legislação ambiental, segurança e higiene do trabalho além de reduzir desperdícios e falhas.

Com um cenário globalizado e altamente competitivo cria-se a necessidade de instalações e equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade, com payback de retorno mais longo e margem de lucro menor, exigindo a disponibilidade de equipamentos, os custos de inatividade se tornaram altos. Baseadas nessas ideias as organizações tem adotado planejamento e controle de manutenção mais atuante e participativo, em questões estratégicas voltadas para melhoria e manutenibilidade dos sistemas de produção.

Podem existir diferentes maneiras de classificar os vários métodos de manutenção. As classificações ou abordagens básicas adotadas por Slack (2009) são de manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Cada tipo de abordagem de manutenção é adequada para diferentes tipos de instalações, equipamentos e circunstâncias. A maioria das operações adota diferentes combinações de abordagens que estão ligadas aos recursos disponíveis e necessidades da organização.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar conceitos básicos da manutenção industrial e demonstrar seus resultados nas instalações elétricas de uma empresa moveleira de Ubá-Minas Gerais.

As justificativas do tema proposto tomam como base a importância da manutenção garantindo eficiência e funcionalidade dos sistemas de produção, além da redução de custos indesejáveis.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O conceito de manutenção

A manutenção tem como sinônimos a conservação, preservação, subsistência, sustentação e conserto. Podem entender como um dos princípios da manutenção a permanência de alguma coisa ou sistemas ou como técnicas para garantir funcionamento sistemático de instalações.

“Manutenção é a forma como as organizações tentam evitar as falhas cuidando de suas instalações físicas. É uma parte importante para maioria das atividades produtivas” (SLACK, 2009, p.610).

2.2 Abordagens da manutenção

Para Slack (2009), existem três abordagens básicas para a manutenção, a corretiva, preventiva e preditiva. Outros autores como Xenos (2004) e Viana (2002) adotam as três referências citadas e agregam a manutenção produtiva total ou autônoma neste conceito.

2.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva só atua após ocorrer falha do equipamento. Logo, é imprevisível, podendo, no momento de falha, comprometer o fluxo de produção em sistemas manufatura cujo arranjo físico não apresenta flexibilidade em se adaptar à situação momentânea e prejudicar a segurança dos trabalhadores.

Considerando o custo de manutenção, a manutenção corretiva é a que tem melhor preço e ainda é melhor do que prevenir as falhas nos equipamentos. Em contrapartida, também pode causar grandes perdas por interrupção da produção. Para Xenos (2004) outros fatores devem ser observados para adotar a manutenção corretiva como principal liga de atuação nas falhas, são elas:

- Verificar se existe alguma ação preventiva que pode ser tomada para evitar a falha do equipamento, avaliar essas ações são tecnicamente viáveis e financeiramente atrativas.

- Não sendo possível prever a incapacidade operacional do equipamento, existe grande possibilidade de interrupção da produção, se esta pausa na produção for longa pode acarretar prejuízos significativos à empresa.
- Para optar pela manutenção corretiva é necessário observar pontos críticos, tais como mão de obra qualificada, estoque de peças para reposição e ferramentas adequadas. Estes fatores citados podem prejudicar o tempo de resposta ao reparo solicitado.

A dita Manutenção Corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores, sendo mais conhecida nas fábricas como “apagar incêndios” (VIANA, 2002, p.10).

Um aspecto importante, no caso de escolha pela manutenção corretiva é a busca pela origem da falha, o que desencadeou, identificar precisamente para bloqueá-la evitando que reincidência (XENOS, 2004).

2.2.1.1 Corretiva não planejada

A manutenção corretiva não planejada, também conhecida como “manutenção apaga fogo”, faz-se necessária devido ao surgimento de falha aleatória que impede a disponibilidade do equipamento, fazendo necessária a intervenção imediata sem nenhuma preparação do serviço, com baixa confiabilidade e custos elevados.

2.2.1.2 Corretiva Planejada

A manutenção corretiva planejada é a intervenção no equipamento, quando seu desempenho já não é satisfatório ou existe falha, apresenta custos razoáveis, é segura e apresenta ótimo tempo de resposta quando solicitada.

2.2.2 Manutenção preventiva

Segundo Slack (2009), a manutenção preventiva tem como enfoque a eliminação ou redução das probabilidades de falhas por manutenção nas instalações em períodos pré-programados.

Pode-se compreender como manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas ou instalações que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais normais ou em estado de zero defeito (VIANA, 2002).

As atividades diárias de atuação da preventiva são abordadas pela equipe de técnicos da manutenção, acordado pelo setor de planejamento e controle da manutenção (PCM), onde ambos buscam proporcionar uma redução acentuada no fator de improvisação e falha de equipamentos. Desta forma, contribuindo de modo significativo nos índices de qualidade e confiabilidade do sistema de produção, abordagem diferente da corretiva (VIANA, 2002).

Muita empresas acreditam ter um esquema eficiente de manutenção preventiva. Mas, o que temos visto no chão de fábrica de muitas delas é que, quase sempre, o tempo reservado para realização da manutenção preventiva acaba sendo usado para trabalhar naquelas falhas que surgiram no dia a dia da produção. Em geral, os itens de manutenção preventiva ficam de lado e não são cumpridos. Sem uma boa manutenção preventiva, as falhas tendem a aumentar e ocupar todo o tempo do pessoal de manutenção (XENOS, 2004, p.24).

Basicamente, a manutenção preventiva consiste em três pontos chave, sendo o primeiro a inspeção periódica de componentes específicos medindo suas degradações e sinais de falhas. Posteriormente, as reformas periódicas de partes que se destaquem ao longo do tempo, seja por uso natural ou agente externo. Para finalizar, abordam-se as trocas periódicas de partes do equipamento, que comprometem a funcionalidade do equipamento com decorrer do uso habitual (XENOS, 2004).

O uso de ferramentas como câmeras termográficas é fundamental para a manutenção preventiva principalmente, no setor elétrico, visando à sua funcionalidade não destrutiva e não incisiva nas instalações. Por meio de uma gama de cores, essas imagens apresentam pontos “quentes” que não são percebidos na inspeção visual demonstrando o ponto que pode necessitar de intervenção, como demonstra a FIG.01.

FIGURA 01- Fotografia com uma câmera termográfica do interior de um painel elétrico demonstrando pontos quentes



Fonte: Próprio Autor

2.2.3 Manutenção preditiva

A preditiva tem como foco realizar a intervenção somente quando as instalações ou equipamentos precisarem de correções isso consiste em realizar análise profunda dos componentes através de diversos equipamentos de aferição (SLACK, 2009).

As abordagens da manutenção preditiva têm sido cada vez mais difusas como técnica bastante avançada e alheia aos outros métodos de manutenção. Devido ao uso de tecnologia de ponta, a manutenção preditiva costuma ser tratada de forma diferenciada dentro das empresas, com grau de qualificação do profissional muito mais elevado, adotada como uma ciência avançada demais para ficar nas mãos de pessoas com pouca especialização (XENOS, 2004).

Segundo Viana (2002) existem quatro técnicas mais usadas na manutenção preditiva na indústria nacional, as empresas que optarem por essas envergadura de manutenção contaram com serviços de ultra-som, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termográfica.

A tecnologia disponível, atualmente, permitiu o desenvolvimento de dezenas de técnicas de manutenção preditiva, algumas bastante caras e sofisticadas. Mesmo assim, as empresas também devem praticar a manutenção preditiva, que é um método de manutenção bastante simples e eficaz e que traz bons resultados (XENOS, 2004, p.25).

2.2.4 Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total, MPT ou TPM, do inglês *total productive maintenance* é a manutenção realizada pelo próprio operador da máquina por meio atividades de pequenos grupos, em que manutenção produtiva é reconhecida pela importância na confiabilidade, manutenção e eficiência econômica nos projetos de fábrica (SLACK, 2009).

Na TPM, a expressão “da minha máquina cuidado eu” é levada ao extremo, onde os operadores são responsáveis de executar serviços que vão de limpeza, lubrificação e tarefas elementares de manutenção a serviços mais complexos de análise e melhoria dos instrumentos de produção (VIANA, 2002).

Para Slack (2009), existem cinco metas para MPT, visando estabelecer boa prática de manutenção e garantir a funcionalidade do sistema:

- Melhorar a eficácia dos equipamentos ao examinar todas as perdas que ocorrem;
- Realizar manutenção autônoma ao permitir que o pessoal assuma a responsabilidade por algumas das tarefas de manutenção e pela melhoria do desempenho;
- Planejar a manutenção por meio de uma abordagem elaborada para todas as atividades de manutenção;
- Treinar todo o pessoal em habilidades relevantes de manutenção de modo que tanto o pessoal da manutenção como o de operação tenha todas as habilidades para desempenhar seus papéis;

Conseguir gerir os equipamentos logo no início usando manutenção preventiva, que compreende considerar as causas de falhas e a manutenibilidade dos equipamentos durante sua etapa de projeto, manufatura e instalação.

Considera-se como característica fundamental da manutenção produtiva a melhoria contínua e não só a busca por evitar falhar do equipamento e sim uma melhoria contínua do equipamento evitando, ao máximo, que a produção fique prejudicada (XENOS, 2004).

2.3 Gestão estratégica da manutenção

As atividades da manutenção em muitas das organizações apresentam grande diversificação e baixa repetitividade. Está presente em sistemas simples e complexos quando o assunto é processo produtivo. Essa diversidade está relacionada variedade de modelos e

tipos de equipamentos com os quais as equipes de manutenção têm que lidar, por isso o planejamento é essencial.

A manutenção para ser estratégica precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, manter a função do equipamento disponível para operação reduzindo a probabilidade de uma parada de produção ou não fornecimento de um serviço.

FIGURA 02 - Planejamento Estratégico



Fonte: RIBEIRO; KARDEC, 2002, p.6.

Slack (2009) trata o planejamento estratégico como desenvolvimento em longo prazo, adotando medidas e metas para alinhar a situação atual e traçar caminhos, para atingir a visão de futuro.

Segundo Ribeiro; Kardec (2002), a função do *benchmarking* é traçar níveis de desempenho, analisando e comparando processos de empresas do mesmo segmento de negócio, busca por práticas de alta performance estabelecendo um padrão de excelência para o negócio.

Para atingir as metas planejadas, ou seja, sair da “Situação Atual” e atingir a “Visão de Futuro”, é preciso implementar em toda a organização, um plano de ação evidenciando as melhores práticas, também conhecidas como caminhos estratégicos. A característica fundamental não é, apenas, conhecer quais são as melhores práticas, mas ter capacidade de implementação em tempo ágil, Ribeiro; Kardec (2002) retratam algumas das situações tidas como boas práticas:

- Os gerentes e supervisores, nos diversos níveis, devem liderar o processo de sensibilização, treinamento, implantação e auditoria das melhores práticas de SMS – Saúde, Meio Ambiente e Segurança.
- A gestão deve ser baseada em itens de controle empresariais: disponibilidade, confiabilidade, meio ambiente, custo, qualidade, segurança e outros específicos, com análise crítica periódica.
- Gestão integrada do orçamento (manutenção e operação) buscando, sempre, o resultado do negócio através da análise criteriosa das receitas e dos custos.
- Utilização de pessoal qualificado e certificado.
- Eliminação das falhas, ocorridas e potenciais, através da análise da causa básica, acoplada AP esforço do reparo com qualidade, atuando de forma integrada com a operação e a engenharia na busca das soluções.
- Adoção de programa de manutenção produtiva total - TPM, com base em que o operador é a primeira linha de defesa para monitorar e maximizar a vida dos equipamentos.
- Adoção da ferramenta MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade, para os sistemas críticos.
- Aplicação de técnicas APR – Análise Preliminar de Riscos, para os principais serviços de manutenção.

2.3.1 O *benchmarking* na manutenção

O *benchmarking* é um processo que avalia os desempenhos da empresa perante os líderes de mercado. Geralmente, são avaliados custos unitários, tempos por peça, retorno do investimento, indicadores de produtividade e outros elementos que possam ser devidamente comparados (LAUGENI; MARTINS, 2006).

A partir dos níveis identificados, pode-se comparar com índices equivalentes de outras empresas. Após as comparações realizadas, podemos planejar níveis a serem atingidos, tanto a curto quanto a longo prazo. Feito o planejamento com a fixação de objetivos, resta iniciar à ação, introduzindo as melhorias propostas, fazendo as verificações necessárias, bem como às novas medidas e assim sucessivamente (KARDEC; NACIF, 2013).

Benchmarking interno é uma comparação entre operações ou partes de operações que estão dentro da mesma organização. Por exemplo, no setor de logística, o custo por

quilômetro rodado de um caminhão com o custo de outro veículo, com diversas organizações podem escolher fazer o benchmarking de cada empresa em relação às outras (SLACK 2009).

Benchmarking externo é uma comparação entre uma operação interna na empresa frente a outras operações que são partes de diferentes organizações. Benchmarking não competitivo é o benchmarking contra organizações externas que não concorrem diretamente nos mesmos mercados (SLACK, 2009).

O *benchmarking* preocupa-se, entre outras coisas, em ver de que forma vai a operação. Pode ser visto, portanto, como uma abordagem para o estabelecimento realístico de padrões de desempenho. Também se preocupa com a pesquisa de novas ideias e práticas, que podem ser aptas para serem copiadas ou adaptadas. Por exemplo, um banco pode aprender com um supermercado como lidar com flutuações de demanda ao longo do dia (SLACK, 2009).

2.3.2 Plano de ação

Plano de ação é uma ferramenta que contribui no acompanhamento de atividades, desde as mais simples até as mais complexas como a definição de um projeto. Trata-se de um conjunto de documentos utilizados como base para planejar as ações e respostas necessárias para obter o resultado desejado ou na solução de problemas.

“A escolha das ações deve priorizar aquelas mais importantes para o alcance das metas estabelecidas; uma boa regra é escolher aqueles 20% das ações analisadas que respondem por 80% dos resultados. Esta regra é possível de ser aplicada” (RIBEIRO; KARDEC, 2002, p. 10).

2.3.3 Indicadores

A utilização de indicadores para manutenção se faz necessário em quase todas as empresas, pois é através deles que melhorias vão surgir, a fim de, garantir uma bom parâmetro de referência para manutenção.

Um bom programa de Planejamento e Controle de Manutenção serve para que as manutenções ocorram no melhor momento para a fábrica como um todo (parte PLANEJAMENTO), e para que possamos saber como a manutenção foi efetuada (parte CONTROLE) e para que possamos comparar com o que foi planejado (parte ÍNDICES). De posse desses dados poderemos agir sobre o Programa de

Planejamento de Manutenção, melhorá-lo e verificar quais fatores interferiram no desempenho da equipe. Os fatores negativos serão suprimidos ou minimizados e os positivos serão reforçados. Estes dados de retorno serão analisados e arquivados para uso e comparação futura, para o estabelecimento de metas factíveis (BRANCO FILHO 2006, p.24).

2.3.4 Competitividade

A competitividade está alinhada à função estratégica das empresas, buscando maior parte no mercado. A competitividade das organizações seria medida pelo desvio de suas estratégias em relação àquelas coerentes com o padrão de concorrência vigente.

A gestão da manutenção é um fator interno importante, pois temos que uma organização será competitiva à medida que atende às necessidades dos clientes internos e externos e ao menor custo. A função manutenção contribui com a competitividade de uma organização quando garante que os equipamentos ou instalações estarão prontos para serem operados quando requeridos e pelo tempo necessário para a execução da tarefa, sem causar interrupções ou atrasos no fornecimento do bem ou serviço (SLACK, 2009).

A grande competição, com níveis extremos entre algumas organizações não aceita que um equipamento ou sistema pare de maneira não prevista. A gestão da manutenção atua por meio de sua equipe para evitar que ocorram falhas e não manter esta equipe atuando apenas na correção rápida destas falhas. Pode-se comparar o trabalho da função manutenção ao trabalho de uma brigada de combate a incêndio, quando ocorre a emergência a brigada deve atuar rapidamente, mas a principal atividade da brigada, a partir daí, é evitar a ocorrência de novos incêndios (KARDEC; NASCIF, 2013).

2.4 Conceito moderno de manutenção

O conceito inicial de manutenção era predominante restabelecer as características originais dos equipamentos e instalações. Nos dias atuais a manutenção tem a missão estratégica de garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações de modo a garantir o funcionamento de um processo de produção, além de zelar pelo meio ambiente, confiabilidade, segurança e custo adequados (RIBEIRO; KARDEC, 2002).

Paradigma do passado, "o homem de manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo". Conceito moderno, "o homem de manutenção sente-se bem quando ele

consegue evitar todas as falhas não previstas”. Segundo Ribeiro; Kardec (2002), no Brasil a maior parte das empresas ainda atua dentro do paradigma do passado, sendo que algumas já conseguiram caminhar para o paradigma moderno e estão dando grandes saltos nos resultados empresariais.

2.5 Produto da manutenção

A função produção corresponde de forma básica pelas atividades de operação, manutenção e engenharia. Tendo em vista que as operações geram um produto ou serviço, já o resultado da manutenção ou seu produto é conhecido como disponibilidade, visto que a missão da manutenção é garantir que os equipamentos e instalações tenham sempre parâmetros de operação em níveis de desempenho competitivo, com foco confiabilidade e garantindo segurança dos colaboradores e custos adequados (RIBEIRO; KARDEC, 2002).

2.6 Análises de falhas

Nas atividades rotineiras da manutenção, um ponto é considerado crítico quando ocorre falha, é importante compreender por que ocorreu a indisponibilidade do equipamento para desta forma realizar a intervenção na origem causadora da falha, garantindo maior disponibilidade e confiabilidade nas operações.

A ABNT - NBR 5462 defende como conceito de falha o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida, onde a diminuição ou parcial capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído.

Para Slack (2009), sempre existe a probabilidade de que as coisas possam sair erradas, no entanto, aceitar que ocorrerão falhas é diferente de ignorá-las. As organizações devem discriminar os diferentes tipos de falhas e o potencial de cada ocorrência, assim minimizar o impacto da falha.

A indisponibilidade do equipamento por falha, raramente apresenta uma única causa fundamental, as falhas geralmente são de consequência de interação de várias outras causas de menor potencial, desta forma a investigação das causas fundamentais deve ser de ampla abordagem e levar em consideração vários aspectos diferentes (XENOS 2004).

As falhas em operações podem ocorrer por razões diferentes, basicamente se dividem em três grandes grupos, falha por falta de resistência, por uso inadequado ou manutenção inadequada. Uma vez em que tenha identificado com ampla compreensão as possíveis causas e efeitos das falhas, o gestor da manutenção deve ser capaz prevenir sua ocorrência garantindo a disponibilidade dos equipamentos e instalações (XENOS 2004).

Quanto à resistência é uma consideração bastante realista se levar em consideração as ações práticas que podem ser encontradas no dia a dia das organizações. É possível observar que à medida que o equipamento entra em operação a tendência é deteriorar-se, sua resistência tende a diminuir com o número maior de operações. Com esforço constante o equipamento tende a entrar em estado de falha por exaustão (XENOS 2004).

O uso inadequado está relacionado com aplicação incorreta e esforços além do previsto na capacidade do equipamento, propiciando surgimento de falha na operação. Por fim, a manutenção inadequada significa que as ações e intervenções preventivas para evitar a deterioração dos equipamentos estão sendo insuficientes ou não estão sendo aplicadas de maneira correta (XENOS 2004).

2.6.1 Importância de um sistema de análise de falha

A ocorrência de falhas é quase inevitável em algum momento, os gestores da manutenção primeiramente, devem contar com mecanismos para assegurar percepção, em menor tempo possível, que ocorreu uma falha, além de ter procedimentos disponíveis que analisam a falha para descobrir sua causa fundamental (SLACK, 2009).

Relatar a ocorrência de uma falha é um procedimento tardio, no qual a única ação é corretiva de remediar os danos causados pela falha do equipamento. Xenos (2004) defende que todo operador de produção mantenha ligado seus órgãos sensoriais, e que apesar de relativamente imprecisos são capazes de detectar grande parte das anomalias que podem gerar falhas. Essa abordagem apesar de não poder ser considerada um meio técnico científico é fundamental para detecção de sinais de falhas. Desta forma, o operador é o primeiro na linha de detecção e possível análise da falha.

Slack (2009) defende alguns passos essenciais para análise das falhas:

- Passo 1 – Identificar todas as partes componentes dos produtos ou serviços;
- Passo 2 – Listar todas as formas possíveis segundo as quais os componentes poderiam falhar;

- Passo 3 – Identificar os efeitos possíveis das falhas;
- Passo 4 – Identificar todas as causas possíveis das falhas para cada modo de falha;
- Passo 5 – Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos da falha e probabilidade de detecção;
- Passo 6 – Calcular o grau de prioridade de risco;
- Passo 7 – Instigar ação que minimizará falhas nos modos de falhas que mostram alto grau de prioridade de risco;

Ao analisar a causa raiz é abordagem que demonstra resultados para qualquer organização, especialmente para o setor de manutenção industrial demanda eliminar a reincidência de falhas.

Redundância também é técnica nas operações de manutenção, isso significar ter sistemas ou componentes de reserva para situações de falhas de impacto críticas do sistema (SLACK, 2009).

2.6.2 Como prevenir falhas

Normalmente, as principais ações que buscam por evitar falhas são associadas à manutenção preventiva e preditiva, com referência à base de dados do fabricante e ferramentas que acompanham o desempenho ou vida útil do equipamento ou instalação.

Basicamente, para evitar a ocorrência das falhas nos equipamentos, é necessário identificar todas as situações que podem causá-las e suas consequências para o equipamento e para a produção - interrupções da produção, defeitos nos produtos, acidentes e poluição ambiental, dentre outras. Quanto melhor o conhecimento das relações de causa e efeito que levam à ocorrência das falhas, maiores serão as chances de estabelecer boas ações preventivas (HARILAU S. G. XENOS 2004, p.135).

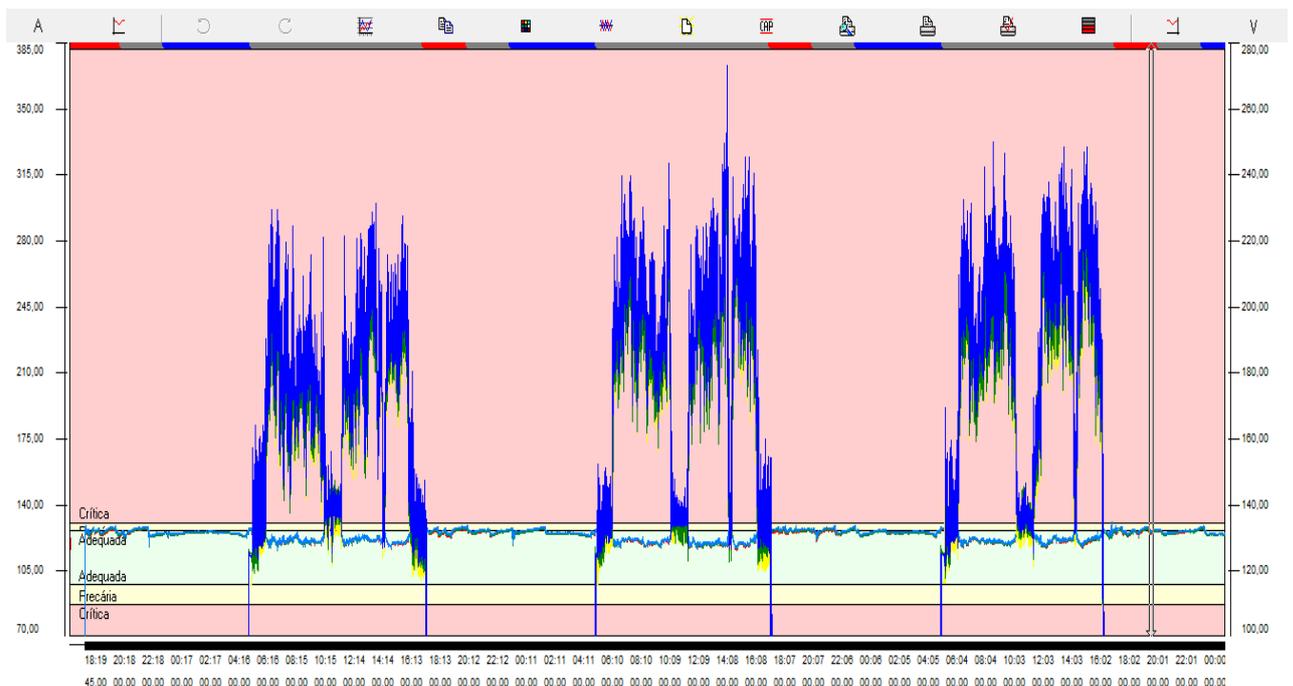
O conceito de prevenção de falhas ganha destaque juntamente com a introdução dos métodos japoneses de melhoramento da produção, os chamados *poka-yoke*, sua ideia está baseada no princípio de que os erros humanos são inevitáveis até certo grau, o importante é prevenir antes que se tornem defeitos. Para Slack (2009), estes dispositivos devem ser incorporados ao processo de produção para prevenir erros de falta de atenção dos operadores. São dispositivos na grande maioria de baixo custo, tais como:

- Sensores/interruptores em máquinas- somente permitem sua operação se a peça estiver posicionada corretamente;

- Gabaritos instalados em máquinas através dos quais uma peça deve passar para ser carregada ou tirada da máquina - uma orientação ou tamanho incorreto para o processo;
- Controladores digitais de máquinas para assegurar que o número correto de cortes, batidas ou furos tenha sido feita;
- Lista de verificação que devem ser preenchidas, seja para a preparação e uma atividade ou em sua conclusão;
- Feixes de luz que ativam um alarme, se uma peça estiver posicionada incorretamente;

Uma rede de distribuição elétrica foi monitorada, do setor de corte e usinagem, de uma fábrica de móveis. O período de análise foi de 3 dias de produção, com níveis normais. O gráfico retrata tensões e corrente do circuito, no entanto o equipamento também monitora fator de potência, harmônicas e frequência. No estudo solicitou-se reconhecer a real situação do circuito originado do transformador 150kVA, para possível ampliação de cargas do circuito. Com este estudo foi possível evitar uma provável falha do sistema, uma vez que haverá aumento de cargas e o equipamento já trabalha com aproximadamente 80% de sua capacidade máxima e com picos que atingem até 96% do seu potencial.

FIGURA 03 - Gráfico de demanda e tensão de um transformador de 150kVA



Fonte: Próprio Autor.

A FIG.03 foi gerada através de equipamento de análise da rede elétrica que monitora e armazena os dados do circuito elétrico.

2.7 Fatores para definição das estratégias de manutenção

A definição das estratégias adotadas nos processos de produção são a base da política para se ter sucesso na execução da manutenção, sendo que essa envolve um leque de variáveis e não apenas escolher aleatoriamente a maneira pela qual a intervenção será executada (VIANA, 2009).

Cada abordagem para a manutenção de instalações é adequada para diferentes circunstâncias. Para Slack (2009), a estratégia de manutenção depende diretamente do tipo que está sendo utilizada, sendo que para a corretiva o correto é trabalhar até quebrar, sendo utilizada nos casos em que o conserto é fácil e quando é preventiva é utilizada quando a falha não é previsível, a preventiva é usada quando o custo de falha não planejada é alto.

“A melhor manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos, de acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção. A tendência mundial é escolher, para cada caso, o método mais adequado, eficiente e econômico” (XENOS, 2002, p. 26).

2.7.1 Manutenção X Confiabilidade X Disponibilidade

Segundo Kardec; Nascif (2013), confiabilidade e disponibilidade são palavras que fazem parte do cotidiano da manutenção e é importante que sejam bem caracterizadas:

Confiabilidade é a probabilidade que um item pode desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso (KARDEC; NASCIF, 2013).

Disponibilidade é o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação está disponível para operar ou em condições de produzir (KARDEC; NASCIF, 2013).

Disponibilidade pode ser calculada pela relação entre a diferença do número de horas do período considerado com o número de horas de intervenção pelo pessoal - manutenção para cada item observado e o número total de horas.

2.7.2 Confiabilidade nas operações

O investimento em projetos deve visar à redução dos custos de capital, como, por exemplo, pela melhoria da manutenibilidade, diminuindo o tempo médio para reparos. O investimento em produtividade poderia ser posto em prática por meio do aumento da confiabilidade, ou seja, aumentando o tempo médio entre falhas.

Segundo Laugeni; Martins (2006), é fácil perceber que existe uma relação entre qualidade e confiabilidade, visto que a confiabilidade é uma das várias perspectivas da qualidade e que seu desenvolvimento tem levado a produtos de qualidade cada vez maior. Em seu sentido mais amplo, a confiabilidade refere-se a uma ação concluída com sucesso, com ausência de falhas, possuindo redundância nas operações.

Para Slack (2009), quando se refere-se à confiabilidade, a manutenção é a forma mais comum por meio da qual as operações tentam aprimorar sua confiabilidade. A confiabilidade de uma operação corresponde à probabilidade de desempenhar adequadamente a função para que se obtenha sucesso no objetivo pretendido, por um determinado período de tempo e condições predeterminadas.

A principal diferença entre esses dois conceitos é que a confiabilidade incorpora a passagem do tempo; o mesmo não ocorre com a qualidade, que consiste em uma descrição estática de um item. Dois transistores de igual qualidade são usados em um aparelho de televisão e em equipamento bélico. Ambos os transistores apresentam qualidade idêntica, mas o primeiro transistor possui uma confiabilidade provavelmente maior, pois será utilizado de forma mais amena.

2.8 Custo de não realizar manutenção em instalações elétricas, baixo fator de potência

A manutenção ganha destaque especial quando se fala em instalações elétricas industriais, devido à necessidade de energia elétrica em todos os setores da organização, sua falha pode comprometer todo o funcionamento e desempenho da organização, desta forma recebe grau elevado de criticidade e sua intervenção pode demandar grande período de reparo.

A correção do fator de potência, em instalações elétricas é uma constante preocupação dos profissionais da manutenção, operações e gerentes de instalações. Tal falha, que não atenda ao limite de referência adotado pela ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica, é responsável por cobranças adicionais na fatura de energia elétrica, onerando custos indesejáveis, além de gerar perdas de desempenho das instalações (CREDER, 2007).

O fator de potência é um índice de utilização de energia cujo controle adequado em instalações elétricas é extremamente importante, não apenas sob o ponto de vista energético, mas também por gerar custos na conta de energia elétrica (CEMIG, 1997).

Portanto, torna-se relevante a análise da aplicação de sistemas de correção que possibilitem ajustá-lo e mantê-lo acima do limite mínimo permitido pela normalização em vigor, principalmente perante a existência de blocos significativos de cargas cujas características de operação incorram em níveis de consumo de energia reativa que gerem baixo fator de potência (CEMIG, 1997).

Adicionalmente, o baixo fator de potência pode provocar sobrecarga em cabos e transformadores, aumento das perdas no sistema, aumento das quedas de tensão e o aumento do desgaste em dispositivo de proteção e manobra (CREDER 2007, p.269).

O fator de potência é um índice que indica a representatividade da energia ativa perante a energia aparente absorvida por um equipamento ou uma instalação. Variando entre 0 e 1 indutivo ou capacitivo (CEMIG, 1997).

No Brasil, a ANEEL estabelece que o fator de potência nas unidades consumidoras deve ser superior a 0,92 capacitivo entre 6h e 18 h e 0,92 indutivo entre 18h e 6 h. Este limite é determinado pelo Artigo nº 95 da Resolução ANEEL nº414 de 09 de setembro de 2010, e quem o descumprir está sujeito a uma espécie de multa que leva em conta o fator de potência medido e a energia consumida ao longo de um mês (ANEEL, 2010).

O fator de potência é definido pela relação entre potência ativa e a potência reativa, sua combinação gera energia aparente. A primeira, a energia ativa, medida em kWh, é a que realmente produz as tarefas, isto é, faz os motores e os transformadores funcionarem. A energia reativa, medida em kVArh, não realiza trabalho efetivo, mas é necessária e consumida na geração do campo eletromagnético responsável pelo funcionamento de motores, transformadores e geradores.

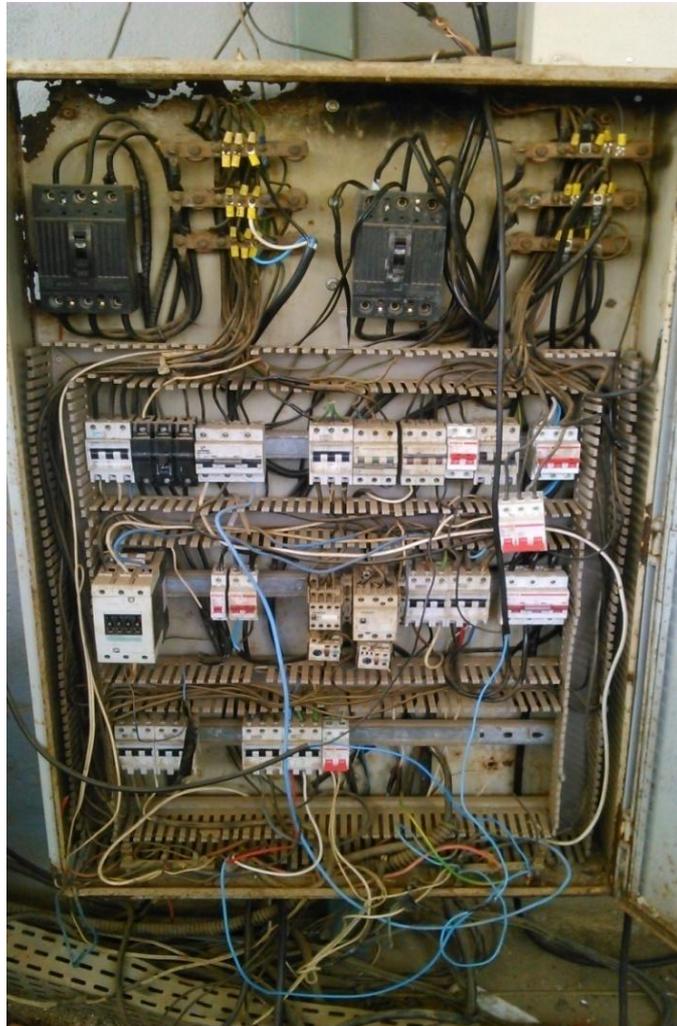
Fatores que influenciam diretamente no baixo fator de potência:

- Transformadores operando a vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo;
- Motores operando em regime de baixo carregamento;
- Utilização de grande número de motores de pequena potência;
- Instalação de lâmpadas de descarga (fluorescentes, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio);

- Capacitores ligados nas instalações das unidades consumidoras horossazonais no período da madrugada.

Antes de realizar correção do fator de potência deve-se realizar a readequação das instalações físicas e elétricas destas subestações e sistemas de distribuição, pois as mesmas podem se encontrar em condições precárias, com instalações elétricas inadequadas, sujeira, ausência de dispositivos de controle, proteção, entre outras, oferecendo inclusive risco de acidentes. A FIG.04 demonstra um quadro de distribuição elétrica que necessita de reparo e adequação.

FIGURA 04 - Quadro de distribuição elétrica, em situação crítica



Fonte: Próprio Autor

A preocupação com o fator de potência deve ser uma constante preocupação quando se trata de fornecimento de energia para qualquer tipo de consumidor, principalmente as indústrias. Estas quando não recebem manutenção adequada, gera custos indesejados,

conforme se percebe no detalhamento de fatura de uma indústria moveleira da cidade de Ubá-Minas Gerais - os custos acumulados em 3 meses e a relação de perdas e multas. Os demonstrativos abaixo revelam a incidência de multa decorrente do baixo fator de potência.

FIGURA 05 - Fatura demonstrativa de energia elétrica referente ao mês de novembro

UC - UNIDADE CONSUMIDORA		Demonstrativo			
2-9		Descrição	Consumo	Tarifa	Valor
Conta referente a		Consumo em kWh - Ponta	600,00	1,71706	1.030,24
Novembro/2015		Adic. B. Vermelha			9.117,80
Apresentação		Consumo em kWh - Fora Ponta	154.200,00	0,38859	59.922,03
04/12/2015		Energia Reativa Excedente - Fora Ponta	9.600,00	0,30921	2.968,46
Data prevista da próxima leitura		Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	954,00	16,47905	15.720,99
31/12/2015		Demanda Potência Não Consumida F Ponta	46,00	13,33686	613,49
		LANÇAMENTOS E SERVIÇOS			
		CONTRIBUICAO ILUM PUBLICA			29,10

Fonte: Próprio Autor

FIGURA 06 - Fatura demonstrativa de energia elétrica referente ao mês de dezembro

UC - UNIDADE CONSUMIDORA		Demonstrativo			
2-9		Descrição	Consumo	Tarifa	Valor
Conta referente a		Consumo em kWh - Ponta	600,00	1,74934	1.049,61
Dezembro/2015		Adic. B. Vermelha			6.588,87
Apresentação		Consumo em kWh - Fora Ponta	109.200,00	0,39588	43.231,49
07/01/2016		Energia Reativa Excedente - Fora Ponta	9.600,00	0,31501	3.024,14
Data prevista da próxima leitura		Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	900,00	16,78889	15.109,97
31/01/2016		Demanda Potência Não Consumida F Ponta	100,00	13,53907	1.353,90
		LANÇAMENTOS E SERVIÇOS			
		CONTRIBUICAO ILUM PUBLICA			29,10

Fonte: Próprio Autor

FIGURA 07 - Fatura demonstrativa de energia elétrica referente ao mês de janeiro

UC - UNIDADE CONSUMIDORA		Demonstrativo			
2-9		Descrição	Consumo	Tarifa	Valor
Conta referente a		Consumo em kWh - Ponta	600,00	1,78141	1.068,85
Janeiro/2016		Adic. B. Vermelha			9.056,21
Apresentação		Consumo em kWh - Fora Ponta	147.600,00	0,40315	59.507,01
03/02/2016		Energia Reativa Excedente - Ponta	600,00	0,32080	192,48
Data prevista da próxima leitura		Energia Reativa Excedente - Fora Ponta	8.400,00	0,32080	2.694,75
29/02/2016		Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	948,00	17,09668	16.207,63
		Demanda Potência Não Consumida F Ponta	52,00	13,73854	714,40
		LANÇAMENTOS E SERVIÇOS			
		CONTRIBUICAO ILUM PUBLICA			29,10

Fonte: Próprio Autor

Os cálculos a seguir são resumos dos demonstrativos das FIG.05, FIG.06 e FIG.07. Levando em consideração apenas os custos relacionados diretamente com o consumo de energia, não está desconsiderado adicional como bandeira tarifária, iluminação pública e outros encargos. A sequência de soma está descrita a seguir:

Consumos em kWh-Ponta + Consumo em kWh-Fora de Ponta + Energia reativa Excedente-Fora de Ponta + Energia reativa Excedente-Ponta + Demanda de potência medida-ponta + Demanda potência não consumida-Fora de Ponta = Fatura mensal

Novembro

$$1.030,24 + 59.922,03 + 15.720,99 + 613,49 = \text{R\$ } 77.286,75$$

Multa por energia reativa e percentual incidente sobre o consumo:

R\$ 2.968,46 e 3,841%.

Dezembro

$$1.049,61 + 43.231,49 + 15.109,97 + 1.353,90 = \text{R\$ } 60.744,97$$

Multa por energia reativa e percentual incidente sobre o consumo:

R\$ 3.024,14 e 4,978%

Janeiro

$$1.068,85 + 59.507,01 + 16.207,63 + 714,40 = \text{R\$ } 77.497,89$$

Multa por energia reativa e percentual incidente sobre o consumo:

R\$ 2.887,23 e 3,725%

Perdas calculadas em 3 meses:

Novembro+dezembro+janeiro = total de perdas

$$2.968,46 + 3.024,14 + 2.887,23 = \text{R\$ } 8.879,83$$

Percentual médio de multa por fator de potência:

Novembro+dezembro+janeiro = percentual médio de perdas

$$\frac{3,841 + 4,978 + 3,725}{3} = 4,181\%$$

A correção do fator de potência tem por objetivo a especificação da potência reativa necessária para a elevação do fator de potência, de forma a evitar a ocorrência de cobrança pela concessionária dos valores referentes aos excedentes de demanda reativa e de consumo reativo e a obter os benefícios adicionais em termos de redução de perdas e de melhoria do perfil de tensão da rede elétrica (CREDER 2007, p.273).

Baixo fator de potência inviabiliza a plena utilização de uma instalação elétrica, limitando a adição de novas cargas e demandando novos investimentos em instalações que poderiam ser evitados se valores do fator fossem mais altos.

Creder (2007), adota em um dos métodos de correção do fator de potência os bancos automáticos de capacitores, cuja função é supervisionar e controlar a entrada e saída de capacitores na rede elétrica, monitorando a variação de cargas que levem o fator a níveis insatisfatório, mantendo a energia reativa dentro das normas estabelecidas pela ANEEL sem onerar custo com multa pelo baixo fator.

A FIG.08 retrata a imagem de um banco de capacitores, que será usado para correção do fator de potência em uma nova instalação elétrica.

FIGURA 08 - Banco de capacitores



Fonte: Próprio Autor

Capacitores são equipamentos elétricos que têm a capacidade de armazenar energia sob forma de um campo eletrostático. As unidades capacitivas empenhadas na correção do fator de potência atuam sobre a energia reativa do sistema, retirando parte dela.

A falha no banco de capacitores ocorre em função do processo de degradação das células capacitivas, como decorrência natural do uso e por consequência término da sua vida útil, dessa forma devendo sempre estar em monitoramento de desempenho.

Laugeni; Martins (2006), defende que a estratégia de manutenção é um conjunto de decisões visando atingir desempenhos que garantam critérios competitivos alinhados aos objetivos da empresa. Os objetivos, também são referidos como prioridades competitivas que as empresas adotam frente ao mercado de trabalho, sendo que o custo é um dos mais valorizados por elas e dentro do estudo desenvolvido, logo nota-se uma perda de aproximadamente 4,2% ao mês da energia elétrica usada no processo produtivo.

O custo estimado para reparo no banco de capacitores existente nessa empresa é próximo de R\$ 20.000,00, com perspectiva de vida útil de 2 ano, levando em consideração as condições atuais de trabalho. Com uma simples análise, é possível observar que o recurso financeiro empenhado retorna para empresa com 7 meses após o reparo da instalação.

3 CONCLUSÃO

A manutenção deve ser feita em uma gama de equipamentos e instalações diversificada, com variação no grau de prioridade, com tratamento diferenciado para cada situação, buscando melhorar o desempenho dos equipamentos e instalações.

O presente trabalho demonstrou diferentes abordagens da manutenção, sempre visando à eficiência e benefícios para uma indústria, com atenção final para instalações elétricas - correção do fator potência.

Com mudanças constantes no cenário econômico, concorrência acirrada, a manutenção torna-se uma função estratégica para melhorar o desempenho da organização, podendo contribuir para operações com menor custo e garantia da disponibilidade dos equipamentos, que é uma premissa da manutenção.

Neste estudo, foram apresentadas informações referentes a custos gerados pela falta de manutenção em instalações elétricas, perdas em média de 4,2% do valor da energia, com baixo fator de potência, confirmando a necessidade da manutenção para atingir os objetivos estratégicos de desempenho das organizações.

É importante destacar a necessidade de profissionais qualificados para manutenção, pois a mesma deve garantir funcionalidade de todo sistema produtivo, com grande responsabilidade e complexidade nas atividades dos colaboradores da área, que muitas vezes não são reconhecidos, ficando cada vez mais difícil a implementação deste setor nas empresas.

O conhecimento adquirido durante a realização deste estudo deve ser aplicado no planejamento das indústrias, contribuindo para redução do número de falhas, instalações eficientes, melhor produtividade e aprimoramento das práticas de manutenção, criando referência que alavanquem a estratégia da organização, tornando-se fundamentais para tomada de decisões, visando minimizar perdas e maximizar desempenho, agregando mecanismos que a coloquem à frente no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 5462**, Confiabilidade e manutenibilidade - Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/ren_-_alteracoes_-_fp_-_11-06-2012.pdf>. Acesso em 17 nov. 2016.

BRANCO FILHO, G. **Indicadores e índices de manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006. 160p.

CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. Estudo de Distribuição ED-5.28: **Melhoria do fator de potência em instalações consumidoras**. Belo Horizonte: CEMIG, 1997. 91 p.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 15 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 428p

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção - função estratégica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 413 p.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Qualitymark, 2001.

LAUGENI, F.; MARTINS, P. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 562p.

RIBEIRO, H.; KARDEC, A. **Gestão estratégica e manutenção autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 117p.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 167p.

XENOS, H.G.P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004. 302p.