

ESTUDOS SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS PARA INDÚSTRIA BRASILEIRA

FRANCIELLE DA SILVA, Leandro.

Centro Universitário de Anápolis –UniEVANGÉLICA. leandro_silva23@hotmail.com

DANTAS DE OLIVEIRA, Lucas.

Centro Universitário de Anápolis –UniEVANGÉLICA. lucas.danttas@hotmail.com

ROMANO DE SOUZA, Lucas.

Centro Universitário de Anápolis –UniEVANGÉLICA. romano_lrs@hotmail

LEITE MARTINS DA SILVA, Rafael.

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. rafinhaaom@hotmail.com

JOSÉ DIAS, Márcio.

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. márcio.dias@unievangelica.edu.br

Resumo

Com um mercado cada vez mais dinâmico, as manutenções industriais têm um papel fundamental na produção. Em sua história, a manutenção passou por diversas transformações, adaptando-se sempre às novas necessidades e tecnologias de sua época. Desde a evolução industrial até os dias atuais, tais mudanças são mais perceptíveis – podemos observar em sua linha do tempo desde técnicas rudimentares até conceitos mais sofisticados. Contudo, embora haja grandes mudanças nesse campo, ainda a indústria brasileira parece não acompanhar. Estima-se que ainda os primeiros métodos de gestão são mais comuns no Brasil. O objetivo deste artigo é realizar um estudo sobre a história da manutenção, compreender as dificuldades de implementação da gestão planejada nas organizações nacionais e comparar seu uso e custo entre o Brasil e EUA. Por meio de pesquisas metodológicas, foi possível conhecer e traçar as gerações da manutenção e as perspectivas para o futuro. Os resultados deste estudo demonstraram que o Brasil ainda está preso nas primeiras gerações da manutenção mesmo o uso conjunto das manutenções preventiva e preditiva mostrarem ser mais eficientes.

Palavras-Chave: PCM; Gestão Planejada; Geração de manutenção.

1. INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de cada vez mais buscar a eficiência e produtividade de seus processos, as companhias estão buscando novos meios de gerenciar. A gestão industrial surgiu graças à carência das industriais em manter o funcionamento e qualidade de seus serviços e produtos para seus clientes. (SHARMA, 2017).

Em geral, a gestão industrial desenvolve estratégias e sistemas integrados que consistem em combinar o manejo de pessoas, conhecimento, equipamento, energia e materiais. O resultado é uma otimização de informações e metodologias benéficas para o bom funcionamento da empresa. (KOSKY, 2021).

Para alcançar esses objetivos, a gestão industrial gerencia-se diversos tipos e modelos de manutenções que podem adequar de forma perfeita a necessidade da companhia. Contudo, tais métodos nem sempre foram organizados e sistemáticos. A princípio, a falha imprevista era o fator decisivo para alavancar medidas e ações corretivas (KNUTSON, 2020; MOUBRAY, 1997).

Com a finalidade de reduzir dispêndios e aperfeiçoar a produtividade dos antigos métodos de gestão, desenvolveram-se na década de 40 e 70 manutenções planejadas e sistemáticas, dos quais, consistiam em ações planejadas ou supervisões periódicas de alguma operação (SIMEI, 2015).

De acordo com Almeida (2014), a palavra “manutenção” é definida do latim, “*manus tenere*”, que significa “manter o que se tem”. Esse conceito clarifica de modo notável, a principal função da manutenção – manter o funcionamento de uma linha de produção (FORSTHOFFER, 2017)

Com o passar dos anos, inúmeras técnicas e ferramentas foram desenvolvidas para estratégia de manutenção das indústrias. Os setores de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), Planejamento e Controle da Produção (PCP) são exemplos dessas técnicas. Enquanto PCM cuida de todo gerenciamento de manutenção da empresa, o PCP gerencia os recursos operacionais da organização. O sincronismo dos dois setores serve para ilustrar o funcionamento de manutenções planejadas. (SANCHES et al, 2016).

O PCP é um conceito antigo nos Estados Unidos. Para Rezende (2010), está diretamente ligado ao desenvolvimento das manutenções planejadas na década de 50. No Brasil, o PCM deve origem nos anos 90. Atualmente, várias companhias nacionais utilizam na linha de produção para tomada de decisão. (SANCHES et al, 2016).

Atenta-se, nos últimos anos, que as manutenções ainda são negligenciadas no Brasil. A gestão não-planejada, isto é, corretiva, ainda é um modelo muito comum nas industriais brasileiras, mesmo apresentando-se desvantagens em relação a planejada (REIS, 2013).

O intuito deste trabalho é realizar estudos sobre a história da manutenção industrial contextualizando as dificuldades da aplicação da gestão planejada no Brasil, bem como comparar seu uso e os custos entre Brasil e EUA.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição e Contexto Histórico da Manutenção

Há várias maneiras de definir a palavra manutenção. O dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2011), define a manutenção como “Ação ou efeito de manter”. Esse significado simples não é muito diferente de outros autores. Em seu artigo “Qualidade da Manutenção”, Lemos et al (2011) conceitua manutenção como um conjunto de técnicas e ações planejadas que têm como principal funcionalidade manter ou atender uma determinada produção sob o menor custo.

Segundo Xenos (2004), a principal ideia da manutenção é retornar os equipamentos aos seus estados de origem, utilizando-se de técnicas ou métodos capazes de evitar ocorrência de falhas. A consequência disso é maior produção e menor custo.

Já na perspectiva histórica, é difícil dizer ao certo quando começou a manutenção. Desde a criação de ferramentas ou utensílios, o homem precisou de alguma forma mantê-los. Contudo, na literatura acadêmica, considera-se o surgimento (pelo menos formal) da manutenção no final da Revolução Industrial, no século XVIII (COSTA, 2013).

De acordo com Otani et al (2008), houve maior necessidade de reparos graças a mecanização das indústrias no fim do século XIX e a partir desse ponto, a manutenção começou a ser mais importante.

Segundo Alan Kardec & Julio Nascif (2008) e Moubray (1997), embora ainda seja discutível a época exata, pode-se classificar a história da manutenção em quatro gerações, do qual cada uma abrange a um tipo de modelo predominante.

2.2 Primeira Geração: Caráter Corretivo

A primeira geração teve início por volta da década de 30. A maior característica desse período era manutenção de caráter corretivo, isto é, “se quebrar, conserte”. Como particularidades gerais da época, pode citar:

- Equipamentos simples e superdimensionados;
- Pouca necessidade de produtividade;
- Ausência de práticas sistemáticas de manutenção.

Alan Kardec & Julio Nascif (2008) ressalta que, a primeira geração corresponde a um período anterior a Segunda Guerra Mundial, no qual, a indústria ainda não apresentava equipamentos complexos e

mesma demanda de produção como teria nos próximos anos. A limpeza e lubrificação de equipamentos eram as únicas práticas gestoras que se teria nesse período.

Segundo Otani et al (2008), no início, a manutenção tinha importância secundária. A execução e operação eram executadas quase simultaneamente. A produção em série nas industriais foi um fator importante para criação de um setor que prestava manutenções corretivas nas companhias.

Segundo Soeiro (2017), uma característica importante dessa geração é grande estabilidade e previsibilidade do mundo dos negócios. Como a concorrência das campanhas não exigia constante troca de produtos, os estoques grandes não representavam um custo elevado para as indústrias. Como as perdas eram consideradas pequenas, a manutenção sistemática não era um conceito tão relevante.

2.3 Segunda Geração: Surgimento da Manutenção Preventiva

Da Segunda Guerra Mundial à meados dos anos 60, a segunda geração marcou o início da manutenção sistemática ou planejada, como alguns autores definem. Como características gerais da época, pode citar:

- Programa de Inspeção;
- Sistema de Planejamento e Controle do Trabalho;
- Grandes e lentos Computadores;

Uma série de eventos em cadeia ocasionada pela Segunda Guerra Mundial deram origem ao conceito de Manutenção preventiva. Devido à Guerra, houve a necessidade de aumentar a produtividade, pois, a demanda de diversos tipos de produto e escassez de mão de obra, afetou à necessidade de produção. A fim de resolver esse problema, adotou maior uso de mecanização nas linhas fabris.

Segundo Alan Kardec & Julio Nascif (2008), o aumento do uso de máquinas novas e complexas também aumentou o número de falhas; A linha de produção estava cada vez mais dependentes de máquinas. O planejamento então se tornou necessário.

Já Costa (2013) por sua vez, ressaltou que dispêndios elevados com peças de reposição aliado ao crescimento de registros de ocorrências de manutenção, obrigaram a criação do setor de manutenção nas indústrias.

Segundo Soeiro (2017), a Segunda Geração caracterizou por uma carência maior de disponibilidade e confiabilidade. O conceito de manutenção preventiva foi desenvolvido graças a grande dependência do bom funcionamento das máquinas e o maquinário ocioso que poderia causar grandes prejuízos à indústria.

2.4 Terceira Geração: A Manutenção Preditiva

Dos anos 70 aos anos 2000, é demarcada a terceira geração da manutenção. Esse período aprimoraram-se as manutenções planejadas, desenvolvendo-se novas técnicas para serem utilizadas em conjunto com as ações preventivas. Essa geração predominou o conceito de Manutenção Preditiva. (Alan Kardec & Julio Nascif, 2008).

- Condições de monitoramento
- Computadores pequenos e rápidos
- Sistemas inteligentes

De acordo com Alan Kardec & Julio Nascif, pode-se citar que o maior uso da automação, combinado com a tendência *just-in-time* mundial, colaborou para o surgimento da manutenção preditiva. Pois, mais automação implicava mais aumento de falhas na linha de produção. Além disso, o modelo *just-in-time*, embora apresenta uma eficiente redução de custos, tende ter maiores danos em paradas não programadas devidas seu estoque e produção limitada.

Para Soeiro (2017), a terceira geração é caracterizada pelo avanço da informática que permitiu um melhor controle sobre o planejamento da manutenção. O desempenho da manutenção nessa geração era medido pela disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade.

Segundo Otoni et al (2008), com a expansão do uso dos computadores e o desenvolvimento dos instrumentos de medição, a engenharia de manutenção aperfeiçoou critérios de predição de falhas, otimizando a execução de manutenção.

2.5 Quarta Geração: Disponibilidade, confiabilidade e a manutenibilidade

Alguns fatores perseguidos durante a terceira geração, segundo Kardec e Nascif (2009), continuaram ou ganharam mais importância na quarta geração: a Disponibilidade, a Confiabilidade e a Manutenibilidade. Também justificam a consolidação da Engenharia da Manutenção dentro da estrutura organizacional da manutenção. De meados da década de 90 em diante, ainda segundo os mesmos autores, há a tendência de utilização de práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condições de equipamentos e processos com o objetivo de minimizar as interferências na planta. Portanto, as manutenções preventivas e programadas que interfiram na produção tendem a ser cada vez menores. E a manutenção corretiva não planejada torna-se um indicador da ineficiência da manutenção. Os novos projetos devem alinhar as áreas de engenharia, manutenção e operação, para que desta forma se privilegie os aspectos de confiabilidade, disponibilidade e custo do ciclo de vida da instalação. (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Do inglês, *Total Productive Maintenance* (TPM), que traduzido livremente para o português temos a definição de Manutenção Produtiva Total, é uma ferramenta aliada a gestão da manutenção que visa melhorar a “performance” (desempenho) e a produtividade dos equipamentos de uma fábrica. O principal conceito desse modelo é de que todos na fábrica, em qualquer nível, devem se envolver na cultura e nas atividades (Nascimento, 2006).

Segundo Jesus (2012), é um método de gestão de manutenção proposto por Seiichi Nakajima, que tem sido implementado de um modo crescente desde o ano de 1971. A TPM foi aprimorada no Japão devido às dificuldades de se reerguer após a Segunda Guerra Mundial. Este fato é explicado no seguinte trecho:

“Com o final da Segunda Guerra mundial, as empresas japonesas obrigadas pela necessidade urgente e por metas governamentais agressivas de reconstrução do país, tornaram-se fiéis seguidoras das técnicas americanas de gestão e de produção. A partir de 1950 deixaram de utilizar somente a política de Manutenção Corretiva de Emergência e deram início a implementação dos conceitos de Manutenção Preventiva baseada no tempo, aos quais se agregaram posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, de Manutenção Corretiva de Melhorias, de Prevenção da Manutenção e de Manutenção Produtiva que buscavam a maximização da capacidade produtiva dos equipamentos” (NAKAJIMA, 1989, p. 10; NAKASATO, 1994, p. 1.2; PALMEIRA, 2002, p. 81-88 apud MORAES, 2004, p.35).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a TPM nasceu na Nippon Denso KK, uma das indústrias do grupo Toyota, e, em 1971, recebeu o prêmio PM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa.

As manutenções não só fazem parte do sistema de produção das empresas japonesas como foram destrinchadas e aprimoradas para que um leque de possibilidades fosse absorvido para um melhor aproveitamento e um melhor posicionamento de acordo com suas funcionalidades.

2.7 Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM)

O termo vem do inglês, *Reliability Centered Maintenance* (RCM), traduzido para o português, “manutenção centrada em confiabilidade”. Essa ferramenta define as ações de manutenção demandada por um sistema ativo em um contexto operacional, com o intuito de definir e programar o que deve ser feito para garantir que ele continue a fornecer as suas funções pretendidas. (Márquez et al, 2009).

Já Fogliato (2009) define como um programa que reúne várias técnicas para garantir que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Esse modelo é reconhecido, segundo o mesmo autor, por reduzir acidentes, custos e falhas além de resultar em maior disponibilidade de equipamentos.

2.7.1 Manutenção Baseada em Risco

Segundo Kauer et al (2002), para determinar uma aplicação eficiente da Manutenção é preciso entender quais os riscos e os critérios que são aceitos e que devem ser empregados para o acolhimento externo (público, normas, autoridades) e interno (gerência, operação, equipe técnica e etc.).

Toazza e Sellito (2015) determinam a manutenção baseada em risco como um molde inicial para a aplicação da gestão da manutenção que objetiva diminuir as ameaças e os riscos causados por falhas não presumíveis dos equipamentos, de uma maneira economicamente usual.

Desta forma apresentado por Brear et al (2002), a análise de riscos está agregada a identificação dos perigos, da viabilidade de ocorrência e das suas consequências. O perigo concerne-se a um episódio real ou hipotético, que pode levar a uma perda, quer seja à vida, ao meio ambiente, aos equipamentos ou ao negócio. As consequências constituem as decorrências que poderiam provocar caso os eventos de risco se efetivem. A possibilidade de isto ocorrer corresponde à probabilidade da ocorrência. O procedimento de análise e a avaliação de riscos consideram a interação entre a probabilidade e a consequência das falhas. Existem modelos quantitativos e qualitativos para a estimativa formada destes parâmetros. Um exemplo de um modelo qualitativo, interpretação lógica do histórico de falhas e defeitos, e na experiência dos operadores, um exemplo de quantitativo é probabilística, avalia a implicação do nível do risco.

2.7.2 Manutenção Centrada na Eficácia

Conforme Pun et al (2002), a Manutenção Centrada na Eficácia enfoca nas atribuições do sistema e do serviço prestado ao cliente e tem diversas características que são boas práticas para a melhoria da manutenção, sendo formada pela participação do time como um todo, melhoria da qualidade no serviço, desenvolvimento da estratégia da manutenção e a medição de desempenho através dos resultados.

Segundo Sherwin (2000) a eficiência da gestão de manutenção depende fundamentalmente do desenvolvimento contínuo e apropriado dos recursos utilizados que se fazem necessários, quer seja mão de obra ou materiais (peças sobressalentes, consumíveis, ferramenta) sendo ao final de tudo mensurado pelo lucro obtido ou gastos evitados ao longo do ciclo de vida da produção. Para certificar o seu bom desempenho, as organizações devem determinar estratégias de manutenções acessíveis e desenvolver um sistema de medição da eficácia global alinhada com as melhores práticas na indústria.

Da TPM foram incorporadas a essência da ideia do empoderamento e participação da operação com a participação mais efetiva dentro da manutenção autônoma e da motivação para aplicá-las. Do conceito da RCM foram incorporadas as análises de confiabilidade, identificando os procedimentos de falha dos equipamentos que podem afetar as funções de todo o sistema, identificando a prioridade de acordo com a sua importância e empregando técnicas probabilísticas e matemáticas para avaliar a manutenibilidade. (Viana, 2002)

Da *TQM* foi usada a gestão qualitativa na manutenção, aspirando melhorar a disponibilidade do sistema e otimizar o encargo de trabalho da manutenção. Juntou a estes a Medição e a Melhoria de Desempenho. A ECM recomenda a aplicabilidade de controle de indicadores para a avaliação do desempenho compreendendo a medição da eficácia individual (ou ISE do inglês “*Individual System Effectiveness*”) e da eficácia global do sistema (ou OSE do inglês “*Overall System Effectiveness*”). (Kodali, Mishra e Anand, 2009)

2.7.3 Gerenciamento Estratégico da Manutenção

Kobbacy e Murthy (2008) assomam que a manutenção não deve ser vista apenas em seu contexto operacional, lidando com falhas de equipamentos e suas consequências, ou seja, que não se deve trabalhar baseado em manutenção corretiva de forma emergencial, mas também num contexto estratégico de médio longo prazo, integrando as diretrizes aplicáveis da gestão de manutenção, baseando-se em antecipar as falhas com a manutenção preventiva que também é estabelecida por normas técnicas (NBR5462) que referencia um modo da aplicabilidade da manutenção preventiva de modo efetivo os diferentes aspectos técnicos e econômicos relacionados.

O gerenciamento estratégico da manutenção requer um comportamento multidisciplinar onde a mesma seja vista a partir de todas as perspectivas da produção e do negócio como um todo. As decisões da manutenção, da liderança e da operação devem ser realizadas em conjunto, como um time, visando sempre a eficácia do sistema, levando em consideração seus impactos na depreciação dos equipamentos e das metas globais do negócio. (Souza, 2008)

3. METODOLOGIA

Esse estudo baseou-se em diversas referências, tais como livros, artigos e revistas. O artigo divide-se em quatro partes: Definição e História da Manutenção; dificuldades de implementação e perspectivas no Brasil, modelos de gestão planejada e uso da manutenção no Brasil e em outros países.

Para buscar material de estudo, utilizou-se o banco de dados do *sciencedirect.com*, *Scielo.org* e bibliotecas virtuais. As palavras-chave utilizadas foram em inglês para o primeiro banco de dados mencionado. Já nos demais, pesquisou-se pelas palavras “manutenção”, “manutenção preventiva”, “manutenção preditiva”, “manutenção custo”, entre outras.

Na definição e Contexto histórico, sintetizou-se as informações sobre as gerações da manutenção, destacando-se principalmente as características principais de cada uma. Ressaltaram-se essas características através de uma pequena listagem.

Em dificuldades e perspectivas para o futuro, optou-se por listar os principais desafios enfrentados pelas empresas brasileiras ao tentarem implementar o uso dessas manutenções planejadas. Elaboraram-se as perspectivas para o futuro analisando-se as tendências da Quarta Geração no solo brasileiro.

Os modelos apresentados no trabalho, baseou-se nos modelos mais comuns de uso na gestão planejada, omitindo os demais modelos existentes.

Comparou-se dados de revistas internacionais e nacionais sobre o uso de manutenção para confrontar a diferença entre o Brasil e EUA, construindo-se gráficos para ilustrar os números.

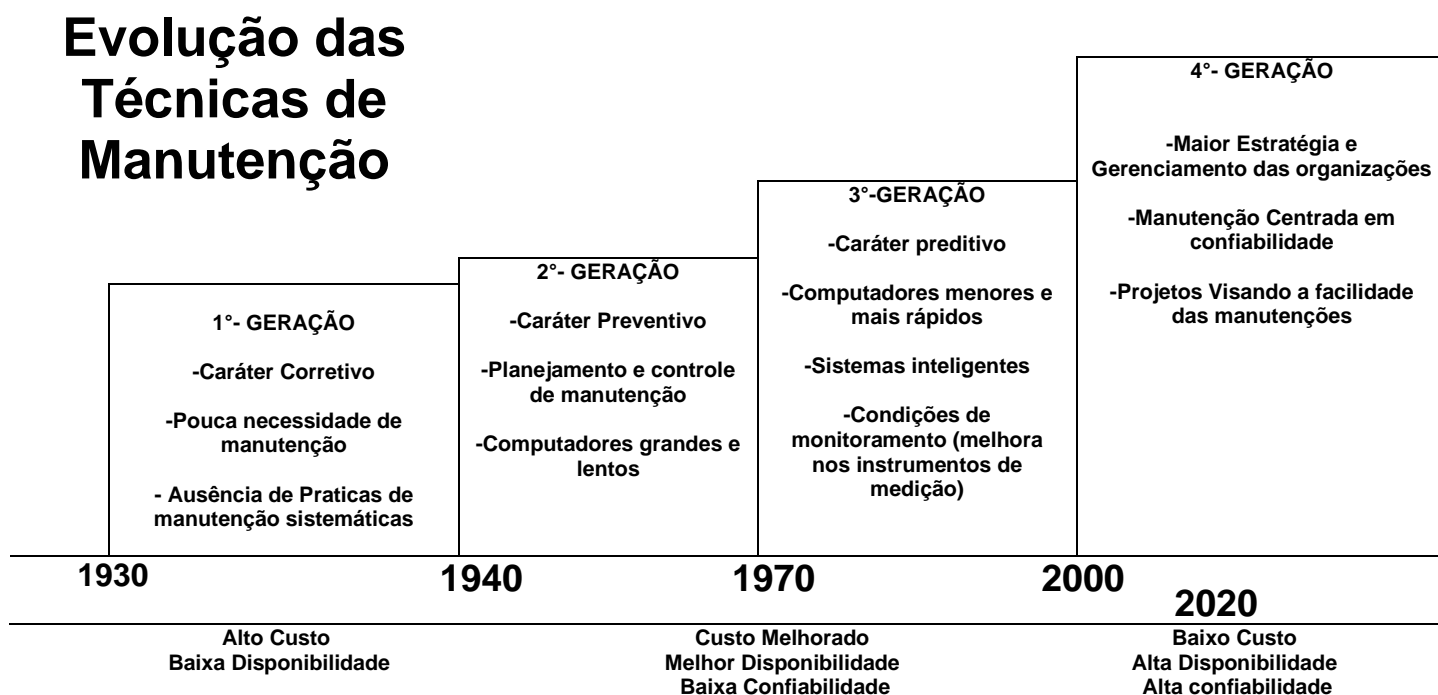
Os dados encontrados nesse presente artigo foram analisados e sintetizados. Ponderou-se dados relevantes a fim de gerar uma discussão e reflexão da manutenção no Brasil.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Resumo da Evolução das Técnicas de Manutenção

A figura 1 pondera as principais características de cada geração discutida e demonstra o seu progresso no decorrer da história.

Figura 1: Evolução das técnicas de manutenção



Fonte: Acervo dos autores

Conforme a figura 1, cada geração é demarcada por características específicas.

- 1°- Geração: Uso majoritário da Manutenção Corretiva;
- 2°- Geração: Uso majoritário da Manutenção Preventiva;
- 3°- Geração: Uso majoritário da Manutenção Preditiva;
- 4°- Geração: Uso majoritário de Estratégia e Gerenciamento de Manutenções nas Indústrias;

Além disso, a figura 1 demonstra que o custo da manutenção tende a cair ao longo das gerações. Enquanto na primeira geração os custos eram altos, as próximas gerações propendem reduzi-los. A disponibilidade e a confiabilidades também se aprimora ao passar dos anos.

4.2 A atuação dos tipos de manutenção no Brasil

Dados da associação brasileira de manutenção e gestão de ativos (ABRAMAN), indicam o nível de atuação de cada tipo de manutenção dentro das empresas Brasileiras.

Tabela 1: Nível de atuação no Brasil

Tipo de Manutenção	%
Manutenção Corretiva	28
Manutenção Preventiva	36
Manutenção Preditiva	19

Fonte: Abramam (2003)

De acordo com a tabela 1, a manutenção preventiva é o gerenciamento mais adotado dentro das companhias. A manutenção corretiva está em segundo, com cerca de 28%. A manutenção preditiva (Terceira Geração) e a Engenharia da Manutenção, isto é, práticas de estratégia e gerenciamento de manutenção (Quarta Geração) apresentam atuações baixas, 19% e 17% respectivamente.

A tabela 2 exibe dados mais recentes sobre o mesmo estudo do autor Reis (2013). A pesquisa realizada dividiu as empresas brasileiras em duas categorias: Médias e Grandes, de acordo com o quadro de funcionários.

Tabela 2: Nível de Atuação dos tipos de manutenção no Brasil

Porte da Indústria	Ações de Manutenção		
	Corretiva (%)	Preventiva (%)	Preditiva (%)
Médias Empresas	50	40	10
Grandes Empresas	42	40	18

Fonte: REIS 2013

Embora a tabela 2 apresente dados mais recentes, a atuação da manutenção preditiva nas companhias brasileiras não teve mudanças significativas. Nas companhias médias e grandes, a atuação desse tipo de manutenção representa 10% e 18%, respectivamente. A atuação de manutenções corretivas cresceu em relação ao estudo anterior, demonstrando-se que muitas indústrias brasileiras estão optando em atuar mais por esse modelo. Cerca de 50% para indústrias médias e 43% para as Grandes. Houve um ligeiro aumento de 4% na atuação da Manutenção preventiva nas empresas em relação ao estudo anterior.

A tabela 3 do mesmo autor demonstra os modelos de gestão mais utilizados pelas indústrias brasileiras.

Tabela 3: Modelos de Gestão

Porte da indústria	Modelos de Gestão			
	TPM (%)	RCM (%)	RBM (%)	Nenhum modelo é utilizado
Médias Empresas	23	15	3	59
Grandes Empresas	50	20	20	10

Fonte: REIS 2013

Conforme os dados da tabela 3, o modelo TPM é o mais popular das indústrias brasileiras, cerca de 50% das grandes empresas a utilizam. Entretanto, é importante ressaltar que somente 23% das médias empresas trabalham com esse modelo. Esses dados exibem que as metodologias de gestão no Brasil ainda são vistas com desdém em boa parte das médias indústrias brasileiras.

4.3 A aplicação dos recursos na manutenção nas companhias brasileiras e o custo anual com Manutenções no Brasil em Base ao PIB nacional

A tabela 4 exibe a divisão de aplicação dos recursos na manutenção dentro das companhias brasileiras no decorrer de 18 anos.

Tabela 4: Aplicação dos Recursos na Manutenção

Ano	Aplicação dos Recursos na manutenção (%)			
	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2013	30,86	36,55	18,82	13,77
2011	27,4	37,17	18,51	16,92
2009	26,69	40,41	17,81	15,09
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,8	35	18,64	13,56
Hh (serviços de manutenção)/ Hh (total de trabalho)				

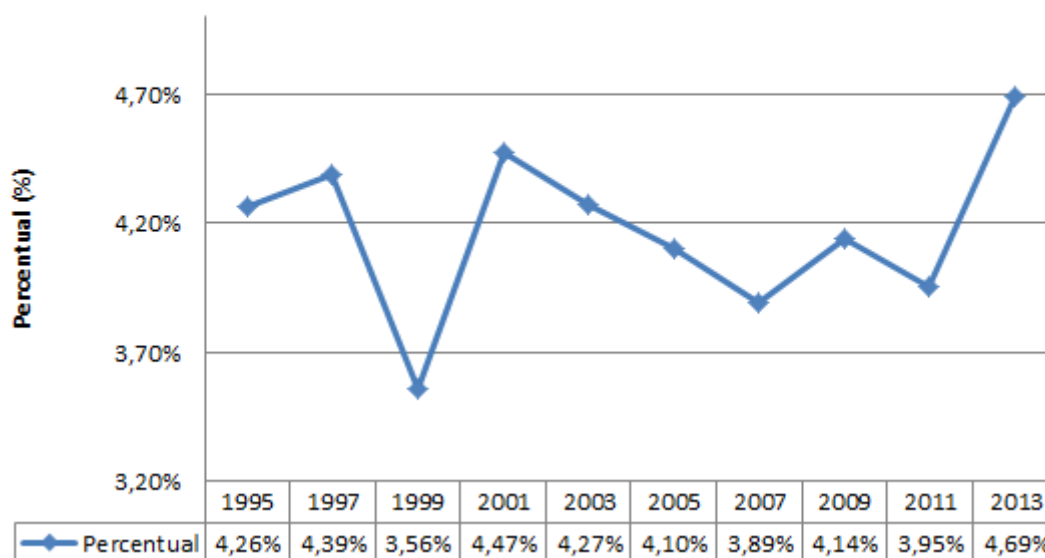
Fonte: Abramam (2013)

Os dados da tabela 4 demonstram que as empresas brasileiras estão gastando ligeiramente mais com manutenção preventiva nesses últimos 18 anos, com uma média de 36,26%. A manutenção corretiva vem logo em seguida em relação aos dispêndios de manutenção, representando em média 28,68% dos gastos. Com base nesses números, mais uma vez, nota-se que as manutenções preditivas têm menos gastos ou investimento por parte das indústrias brasileiras, com uma média apenas de 17,96%.

O gráfico 1 representa o custo Anual da Manutenção com Base no PIB.

Grafico 1: Custo Anual da Manutenção com Base no Pib

Custo Anual da Manutenção com Base no PIB (Milhões de Reais)



Fonte: Gráfico retirado do artigo “CUSTO DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS NUMA ÓPTICA OPERACIONAL E ESTRATÉGICA NO AMBIENTE INDUSTRIAL” Junior et al, 2015 (Adaptado)

O gráfico 1 exibe o custo anual da manutenção com Base no PIB brasileiro no decorrer dos últimos 18 anos. Em geral, o gráfico exprime uma tendência de os custos em manutenção do país subir a cada ano que se passa.

A queda brusca marcada no ano de 1999 pode ser atribuída a crise da desvalorização do real ocorrida no mesmo ano. Nesse período devido à desvalorização do Real, as empresas endividaram por conta de empréstimos com dólar no exterior. Essa crise causou um efeito de desindustrialização no país.

As quedas dos anos de 2001-2007 são consequências de inúmeras crises econômicas enfrentadas pelo mercado brasileiro nessa época. Somente em 2011 houve uma ascensão econômica no país.

Os dados apresentados podem indicar um maior investimento em manutenções das indústrias como também gastos excessivos.

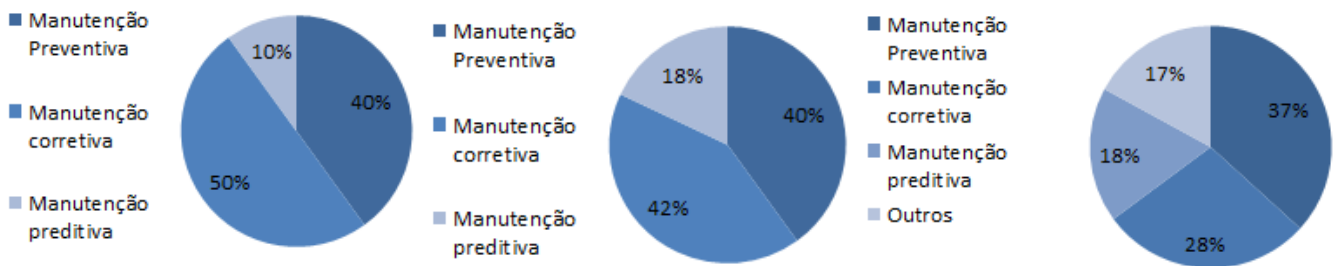
4.4 O Brasil e as Gerações da Manutenção

A figura 1 discutida anteriormente ponderou as características principais de cada geração da manutenção. Conforme dito anteriormente, cada uma teve um modelo predominante. Sendo, 1º- Geração (Corretiva), 2º - Geração (Preventiva), 3º- Geração (Preditiva) e 4º- Geração (Estratégias de Gerenciamento da manutenção).

As tabelas 1 e 2 ressaltaram a atuação dos tipos de manutenção no Brasil, constando o uso maior da manutenção corretiva (1º- Geração) e preventiva (2º- Geração).

A tabela 3 demonstrou o pouco uso de Estratégia de Gerenciamento da Manutenção (4º- Geração) nas médias empresas e a tabela 4 o investimento maior e gastos das empresas em manutenções preventivas e corretivas. A figura 2 exibe três gráficos que resumem essas informações.

Figura 2: Resumo da atuação das manutenções brasileiras e gastos de médias e grandes empresas, respectivamente.



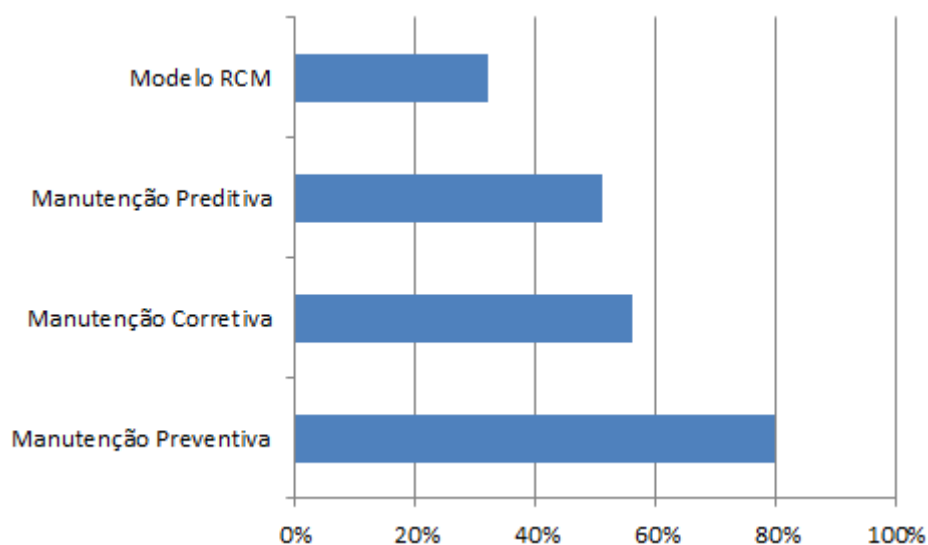
Fonte: Acerto dos autores

Com base nos dados apresentados, é possível notar fortes características das gerações 1 e 2 nas indústrias brasileiras, pois, viu-se que a manutenção corretiva e preventiva são os modelos de manutenção majoritários nos sistemas industriais do país. Afinal, há mais atuação e gastos com esses tipos de manutenção do que quaisquer outros modelos. Além disso, os dados demonstram que a manutenção preditiva, isto é, modelo mais abrangente da 3° e 4° geração, ocupa uma pequena parcela de uso e custo nas companhias brasileiras. Conseqüentemente, é possível dizer que algumas companhias brasileiras, principalmente as médias, apresentam ainda caráter predominante das primeiras gerações.

4.5 A manutenção Americana

O gráfico 4 exhibe as principais estratégias adotadas pela gestão da manutenção das indústrias americanas.

Gráfico 4: Atuação de Estratégias de manutenção nos EUA



Fonte: *Plant Engineering* (2018) (Adaptado)

Conforme o gráfico 4, o modelo de manutenção preventiva é o mais comum nas terras americanas. Cerca de 80% das indústrias dos Estados Unidos trabalham com modelos preventivos. A manutenção corretiva (56%) é a segunda mais utilizada no país, embora seu uso quase se assemelha ao uso da preditiva (51%). O estudo também ressalta o uso o Modelo RCM nos EUA, podendo chegar até 30% de uso nas companhias americanas.

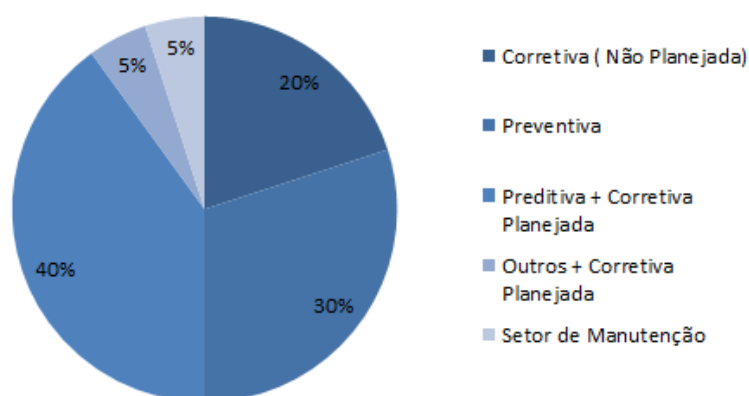
4.6 O modelo Ideal de atuação e distribuição de custos de Manutenção.

Para melhor comparar a manutenção brasileira e americana, primeiro deve-se idealizar um modelo ideal de distribuição de manutenção.

Segundo XAVIER (2008) em seu artigo de Indicadores de Desempenho, países desenvolvidos considera-se que manutenções não planejadas (corretiva) devem ser no máximo 20% dos custos em manutenção de uma companhia. O autor ressalta que tanto no Brasil como nos EUA, esse custo pode chegar 30 – 40%.

O gráfico 5 exibe um modelo ideal de custos para manutenção de uma empresa

Gráfico 5: Modelo Ideal de distribuição de gasto de manutenção

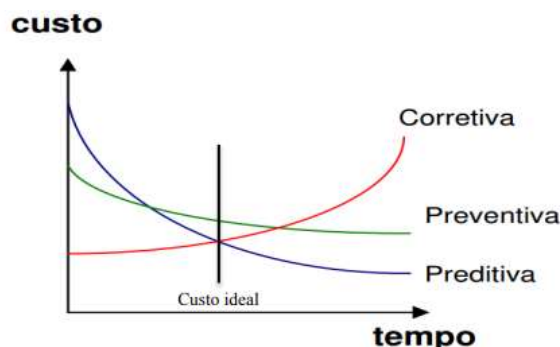


Fonte: XAVIER 2008, artigo "Indicadores de desempenho" (Adaptado)

De acordo com o gráfico 5, observa-se que a manutenção não planejada deve ter um custo menor que as manutenções preventivas e preditivas para estabelecer um modelo ideal. A manutenção corretiva deve corresponder no máximo 20% de todo o custo de manutenção dentro de uma empresa. O modelo ideal também estabelece que o maior custo e, conseqüentemente, investimento e uso de manutenção da companhia devem ser em manutenções preventivas e preditivas, 30% e 40%, respectivamente. Outros tipos de gestão e setores de manutenção devem corresponder juntos 10%.

Já no gráfico 6, Junior et al (2015) exibe o ponto ideal de custo entre as manutenções Corretiva, preventiva e preditiva em relação ao tempo.

Gráfico 6: Custo Ideal para Manutenção de uma indústria em relação ao tempo

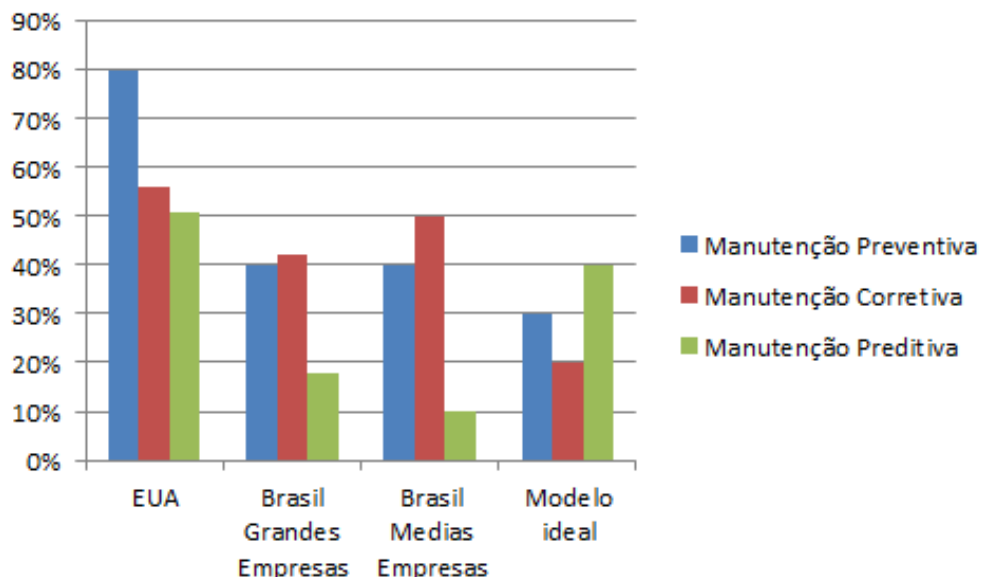


Fonte: Gráfico retirado do artigo “CUSTO DE MANUTENÇÃO DE ATIVOS NUMA ÓPTICA OPERACIONAL E ESTRATÉGICA NO AMBIENTE INDUSTRIAL” Junior et al, 2015

No gráfico 6, o autor exibe o momento ideal teórico para realizar manutenções dentro de uma empresa em relação ao tempo. Pondera-se nesse ponto ideal que custos de manutenções preventivas, preditivas e corretiva não são elevados. Para o autor, a manutenção preventiva deve corresponder o maior custo dentro de uma empresa. Já as manutenções preditiva e corretiva, devem ter custos aproximados. Esse modelo ideal se assemelha ao modelo seguido nas indústrias americanas.

4.7 Manutenção Americana x Manutenção Brasileira x Modelo Ideal

Gráfico 7: Comparativo da Atuação da Manutenção no Brasil e nos EUA



Fonte: Acervo dos autores

Conforme o gráfico 4, observa-se que 80% das empresas americanas seguem alguma estratégia de manutenção preventiva, sendo uma porcentagem bastante elevada comparada com o Brasil. Como foi visto no contexto histórico, a Segunda Guerra Mundial foi um catalizador para o aperfeiçoamento das manutenções planejadas. Como a Guerra afetou mais os EUA, pode-se dizer que as indústrias americanas tiveram maior preocupação e contato com essa metodologia de planejamento do que indústrias brasileiras. Dessa forma, é

plausível as indústrias americanas apresentarem uma familiaridade maior com essas táticas do que as companhias brasileiras.

A manutenção Corretiva ainda é bastante utilizada nos dois países, 55% e 42% para os EUA e Brasil, respectivamente. Contudo, a situação dos dois países não pode ser igualada. A proporção de uso da Corretiva em relação a Preventiva nos EUA é inferior, colocando o país em uma situação positiva. Além do mais, as indústrias americanas se adequaram ao modelo ideal de custo em relação ao tempo, visto que os gastos da manutenção preventiva nas indústrias americanas são maiores e os gastos com preditiva e corretiva se assemelham. Já nas companhias brasileiras, esse cenário não se repete.

Entretanto, é importante ressaltar que pelos números, ambos países não se adequaram no modelo idealizado do autor Xavier (2008), pois os dispêndios com manutenção corretiva ultrapassam aos 20%.

4.1 Dificuldades da manutenção preditiva no Brasil e Perspectivas para o Futuro

Entre os principais fatores que apontam a dificuldade de implementação da manutenção preventiva e preditiva no sistema industrial brasileiro, podem-se citar: (CARVALHO e SALES, 2019)

- Não é verificado com eficiência a produtividade, tempo de funcionamento e desempenho das máquinas. Assim não se sabe o momento ideal para realizar a manutenção preventiva.
- É necessário um histórico de revisões de todo e qualquer maquinário com justificativas e se houver alterações, relatar qual medida foi tomada.
- O custo de uma máquina parada devido à manutenção preventiva deve ser levado em conta, pois se não houver administração deste tempo disponível a prevenção pode sair mais cara que a correção.
- Todo maquinário possui horas de funcionamento que devem ser analisadas e revisadas durante o processo de manutenção preditiva.
- A ausência de um planejamento rigoroso da manutenção preventiva é uma das principais causas de seu fracasso no Brasil. A periodicidade e um processo sistemático eficaz de planejamento seria o melhor caminho para as indústrias brasileiras.
- É importante que haja profissionais de excelência e serviços de manutenção planejados tendo em vista todo o funcionamento da indústria.
- Programar paradas no maquinário é o ideal e mais vantajoso financeiramente para uma indústria. (CARVALHO e SALES, 2019)

De acordo com Moraes (2008), manutenção é desde um mal necessário a uma parte integrante dos esforços estratégicos de produtividade das empresas. É uma parte vital dentro de indústrias e empresas visando melhor qualidade dos equipamentos, produtividade e eficiência. Contribui diretamente para um melhor produto final que deve ser entregue aos clientes. Assim, empresas e indústrias brasileiras que anseiam por competitividade no mercado internacional, e mesmo nacional, devem planejar todo o sistema integrado e disseminar a sistematização das manutenções em seus planejamentos.

A partir do artigo realizado, conclui-se que a história da gestão industrial foi marcada pela necessidade. A manutenção aperfeiçoou-se conforme a necessidade de produtividade que as indústrias demandavam ao longo das épocas. O aumento do uso de máquinas nas fábricas, a Segunda Guerra Mundial, a melhora de instrumentos de medição e o avanço tecnológico de *softwares* contribuíram para os modelos de gerenciamento que se tem hoje.

O estudo ponderou que as principais dificuldades das indústrias brasileiras eram implementar um sistema planejado. Viu-se que, embora 60 anos de existência, as manutenções não-planejadas eram utilizadas, tanto no Brasil como nos EUA. Além disso, o uso destas implodem o modelo ideal em ambos os países. A pesquisa mostrou que existem empresas no Brasil presas às gerações passadas, utilizando-se das primeiras estratégias rudimentares de manutenção como primordiais.

O artigo buscou apresentar como a história da manutenção começou e demonstrar as gerações futuras para que futuramente as empresas evoluam juntamente com as técnicas de manutenção para gerar um melhor custo benefício e uma evolução na gestão da manutenção.

De acordo com o que foi estudado, pesquisado e revisado, é necessário que se busque mais planejamento para o funcionamento dos sistemas e uma melhor gestão para que as manutenções sejam implementadas em seu completo êxito. Para isso, verificou-se que é necessária uma revisão sistemática de todo o funcionamento da indústria e seus maquinários e todos os fatores que influenciam como paradas

sistemáticas, investimento em sistemas de monitoramento como por exemplo ultrassonografia, termografia, vibrações, temperatura, dentre mais diversos outros. Também, o investimento em sistemas mais inteligentes que possam verificar todo o sistema antes que ocorra as falhas podem elevar muito a qualidade do sistema industrial, uma vez que abrange a eficácia de um sistema onde se visa lucro, planejamento, monitoramento e se evita perdas.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho contemplou diversos aspectos relacionados à manutenção visando determinar uma gestão estratégica ideal neste setor da indústria. No entanto, sabia-se que não seria uma tarefa trivial, principalmente pelas inúmeras variáveis relacionadas ao processo produtivo e gerencial. Sabia-se também que dificilmente se conseguiria traçar um caminho para se seguir e encontrar um único padrão de gerenciamento estratégico da função. Apesar disso, apontou-se as dificuldades encontradas no Brasil para a aplicação do gerenciamento da gestão, relacionando-se a custos e as ferramentas usadas para o detalhamento teórico de diversos itens relacionados a manutenção. Bem como indiretamente houve a indicação de uso dessas ferramentas da manutenção e o estudo brevemente da história e da evolução das gerações da manutenção como um todo.

Para as condições empregadas no estudo e pesquisa, pode-se tirar duas conclusões principais.

A primeira delas é que a partir de todo o estudo da evolução das gerações da manutenção pode-se afirmar que a manutenção é um dos pilares de sustentabilidade dos processos de confiabilidade na gestão de uma organização industrial, pois acredita-se que quando cria-se a possibilidade de estabelecer vários pontos-chaves, que quando seguidos levarão as empresas a melhorar seus resultados operacionais, atingindo níveis de excelência organizacional. Sempre que possível e, de forma racional e ordenada, a redução dos custos das empresas deve ser considerada meta constante a fim de que possa ter um maior ganho operacional, contudo um dos caminhos é a concentração de esforços para a evolução no pilar manutenção no sistema organizacional da empresa.

A segunda e última é que os processos de manutenção no Brasil estão enquadrados nas primeiras gerações e ainda é visto como um custo muito alto, porém implica-se diretamente a redução de custo com a aplicação do gerenciamento da gestão da manutenção, posto que a continuidade normal da produção só poderá ser obtida com a regular operacionalidade de máquinas e equipamentos envolvidos no ciclo operacional da empresa, portanto, a manutenção no Brasil futuramente tende a evoluir devido a grande demanda do mercado.

6. Referências

ALMEIDA, Paulo Samuel, (2014). **Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos básicos e tecnológicos.**

BIASOTTO, E. Aplicação do BSC na gestão da TPM - **Estudo de Caso em Indústria de Processo.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BRITTO, R. de; PEREIRA, M. A. (2003) - **Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas.** In: VII SEMEAD, Seminário de Estudos de Administração da USP – Universidade de São Paulo.

BREAR, J., JARVIS, P. e MIDDLETON, C., Managing the pay-off between risk, reliability and remaining life – weighting the consequences. Power Plants - **Operation Maintenance and Material Issues**, Vol. 1, nº 3, 2002.

CARVALHO, Carla. **Manutenção preventiva: o que é, vantagens, desvantagens e dicas!** Produtivo, 2019. Disponível em <<https://www.produtivo.com.br/blog/operacional/2019/05/03/manutencao-preventiva-o-que-e-vantagens-dicas-e-tudo-que-voce-precisa-saber.html>> Acesso em 13 de Junho de 2020.

COSTA, Mariana de Almeida (2013), **GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR O RESULTADO OPERACIONAL.**

FORSTHOFFER, (2017). **Predictive and Preventive Maintenance.**

JESUS, Sergio Manoel Gaião. **Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade. Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) - Lisboa, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/1040021/2029/1/Dissertação%20.pdf> Acesso em 20 de maio de 2020.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009. KOBACZY, K. A., & Murthy, D. P. 2008. Complex system maintenance handbook. London: Springer-Verlang.

KODALI, R., MISHRA, R. e ANAND, G. **Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 15. nº 1, 2009, pp. 40-70.

KOSKY, P., Balmer, R., Keat, W., Wise, G. (2021), Industrial Engineering. Exploring Engineering Knutson, K. (2020), **Good Manufacturing Practice Compliance is not Optional.**

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, Claudia M. R. Machado; CARVALHO, Rogerio Atem, (2017) **Qualidade da Manutenção.**

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Sócioprodutivos, Universidade de Taubaté - Taubaté: UNITAU, 2004. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

MOUBRAY, J. (1997) **Reliability-centered maintenance.**

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NASCIF, Júlio Xavier. **MANUTENÇÃO – TIPOS E TENDÊNCIAS**. Relatório técnico. Disponível em: <claudemiralves.weebly.com/uploads/3/8/6/2/3862918/tendencia.pdf> Acesso em 15 de Maio de 2020.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira Machado (2008), **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

PRIBERAM (2011), **Priberam da Língua Portuguesa, dicionário**.

PUN, et al, **An effectiveness-centred approach to maintenance management – a case study**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, n° 4, p. 346-368, 2002

REIS, Ana Carla Bittencourt; COSTA, Ana Cabral Seixas; ALMEIDA, Adiel Teixeira (2013). **Diagnóstico da gestão da manutenção em indústrias de médio e grande porte da região metropolitana de Recife**.

REZENDE, Alvimar Carneiro, **Gestão da Manutenção – SENAI**.

SALES, Raquel. **O que é manutenção preditiva? Veja como aplicá-la e quais são as suas vantagens!** Acoplast Brasil, 2019. Disponível em <<https://blog.acoplastbrasil.com.br/manutencao-preditiva/>> Acesso em 12 de Junho de 2020.

SANCHES, Alexandre Milkiewicz, SOUZA, Lourival Jose, MARCAL, Rui Francisco (2016), **O sincronismo entre PCM e PCP: Estudo de Caso em uma empresa metalomecânica**.

SHARMA, K. L. S. (2017) – **Management of Industrial Processes, Overview of Industrial Process Automation**.

SHERWIN, D., **A review of overall models for maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, n° 3, p. 138-164, 2000.

SIMEI, Luis C. **Manutenção Industrial (2015) - SENAI**.

SOEIRO, Marcus Vinicius de Abreu, OLIVIO, Amauri, LUCATO, André Vicente Ricco; (2017), **Gestão da Manutenção**.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. **Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro**. Revista Produção Online. V.15, n.3, 2015. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298>> Acesso em 20 de maio de 2020.

VIANA, H. R. G **PCM, Planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, H. G. (2004) **Gerenciando a Manutenção Produtiva**.