



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO ENGENHARIA MECÂNICA**

MARCELL GONÇALVES VILARINHO RIBEIRO

**A APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA
INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO**

TERESINA

2020

MARCELL GONÇALVES VILARINHO RIBEIRO

A APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRATA NA CONFIABILIDADE NA
INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Engenharia Mecânica do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí. Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. MSc. Gustavo Portela de Deus.

TERESINA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Ribeiro, Marcell Gonçalves Vilarinho

R484a A aplicação da manutenção centrada na confiabilidade na indústria de transformação / Marcell Gonçalves Vilarinho Ribeiro. - 2020.
49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.

Orientador: Prof. Me. Gustavo Portela de Deus.

1. Aplicação. 2. Manutenção centrada em confiabilidade. 3. Indústria de transformação. Título.

CDD- 620

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

MARCELL GONÇALVES VILARINHO RIBEIRO

A APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA INDÚSTRIA
DE TRANSFORMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Engenharia Mecânica do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí. Campus Teresina Central.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Gustavo Portela de Deus (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. MSc. Edilson Rocha de Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Vilson Ribamar Rêgo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Ao meu pai (in memoriam), a minha mãe e a minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sido o meu tudo, por ter me dado saúde para chegar até aqui e por nunca me abandonar.

À minha mãe, Expedita, que é a definição de perseverança, alicerce e exemplo, bases fundamentais para uma família.

À meu pai, Ricardo (in memoriam), que foi e sempre será minha “pedra 90”, exemplo de humildade e simplicidade, que nunca reclamava de nada, eu o saúdo!

À minha irmã, Lavinny, por me aturar e ser alguém que quando se precisar vai estar presente.

E aos demais e amigos, que me ajudaram ou contribuíram de alguma forma.

“Até grandes desafios também são necessários para saber que você pode não estar
no caminho certo, mas isso não quer dizer que esses foram em vão”.
O Autor

RESUMO

Tendo em vista que o desenvolvimento deste trabalho veio pelo enfoque sobre os avanços da manutenção, mudanças e suas maneiras mais abrangentes de atuação, o presente estudo trata sobre a aplicação da manutenção centrada em confiabilidade na indústria de transformação brasileira, a fim de desenvolver um estudo de revisão de literatura, sobre os efeitos da aplicação desses. Para tanto, foram necessários, estudos teóricos sobre os conceitos e contexto da manutenção centrada em confiabilidade e da indústria de transformação, comparação do antes e depois delas e apresentação das possíveis vantagens analisadas. Realizou-se, então, uma pesquisa na base de dados Google Acadêmico, a busca se fez da palavra-chave, manutenção centrada em confiabilidade, apenas com trabalhos no idioma português, e em que o acesso ao texto completo do trabalho era possível. Em seguida, aplicada a busca da palavra chave, indústria de transformação, para especificar o ambiente do tema tratado. Então foram encontrados 11 resultados, dos quais, foram descartados 4, por não satisfazerem os critérios definidos e 1 por não ter acesso ao texto completo. Diante disso verificou-se que foi perceptível a importância da manutenção centrada em confiabilidade para a resolução de ocorrências de uma maneira geral, de produtos à processos das referidas empresas, trazendo ao produto final, qualidade e competitividade ao mercado em que se enquadra, observando que a manutenção centrada em confiabilidade é de fundamental necessidade e utilidade nos processos de atualização de plano de manutenção das indústrias de transformação que esteja relacionada. Com isso foi possível concluir que, o estudo contribuiu para o atual momento que a indústria de transformação vem passando, onde o mercado é cada vez mais conduzido pela competitividade e só sobrevive quem se adequa a fatores de concorrência, sendo assim a manutenção centrada em confiabilidade é fator de vantagem quando se fala de gestão e competição de determinados setores.

Palavras-chaves: Aplicação. Manutenção centrada em confiabilidade. Indústria de transformação.

ABSTRACT

Bearing in mind that the development of this work came from the focus on maintenance advances, changes and their more comprehensive ways of acting, this study deals with the application of maintenance centered on reliability in the Brazilian transformation industry, in order to develop a study literature review on the effects of applying these. For that, theoretical studies on the concepts and context of maintenance centered on reliability and on the transformation industry were necessary, comparison of before and after them and presentation of the possible benefits analyzed. Then, a search was carried out in the Google Scholar database, the search was made with the keyword, maintenance centered on reliability, only with works in the Portuguese language, and in which access to the full text of the work was possible. Then, the search for the keyword, manufacturing industry, was applied to specify the environment of the topic being addressed. So 11 results were found, of which 4 were discarded, as they did not meet the defined criteria and 1 because they did not have access to the full text. In view of this, it was found that the importance of maintenance centered on reliability was noticeable for the resolution of events in general, from products to the processes of these companies, bringing to the final product, quality and competitiveness to the market in which it fits, observing that maintenance centered on reliability is of fundamental need and usefulness in the maintenance plan update processes of the transformation industries that are related. With that it was possible to conclude that, the study contributed to the current moment that the transformation industry has been going through, where the market is increasingly driven by competitiveness and only those who adapt to competition factors survive, so maintenance focused on reliability is an advantage factor when it comes to management and competition in certain sectors.

Keywords: Application. Maintenance focused on reliability. Transformation industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Evolução das técnicas de manutenção	18
Gráfico 1	- Manufatura (% no PIB a preços constantes), Brasil 1996 a 2019.....	23

LISTA DE TABELAS

Quadro 1	– Apresentação da síntese de trabalhos incluídos na revisão de literatura.....	40
Quadro 2	– Resultados principais	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IT	Indústria de Transformação
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MP	Manutenção programada
RCFA	Root Cause and Failure Analysis
TPM	Total Productive Maintenance

LISTA DE SÍMBOLOS

∫ Integral

% Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	ESCOPO DO TRABALHO	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	CLASSIFICAÇÕES DA METODOLOGIA DE PESQUISA.....	16
1.5	ESCOPO DO TRABALHO	17
1.6	DISPOSIÇÃO DO TRABALHO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	18
2.2	INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO.....	21
2.3	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE.....	24
2.3.1	Função de confiabilidade	25
2.3.2	Função de risco	26
2.3.3	Tempo até a falha	26
2.3.4	Função densidade de probabilidade	26
2.4	Normatização da MCC	27
2.5	Linhas gerais da MCC	27
2.5.1.1	Questão 1.....	28
2.5.1.2	Questão 2	29

2.5.1.3	Questão 3	29
2.5.1.4	Questão 4	29
2.5.1.5	Questão 5	29
2.5.1.6	Questão 6	30
2.5.1.7	Questão 7	30
2.6.2	Fases de implantação da MCC	31
2.6.2.1	Escolha da equipe	32
2.6.2.2	Capacitação em MCC	32
2.6.2.3	Estabelecimento dos critérios de confiabilidade	32
2.6.2.4	Estabelecimento da base de dados	33
2.6.2.5	Aplicação da FMEA e classificação dos componentes	33
2.6.2.6	Seleção das atividades de MP pertinentes	33
2.6.2.7	Documentação das atividades de MP	33
2.6.2.8	Estabelecimento de metas e indicadores	33
2.6.2.9	Revisão do programa de MCC	34
3	METODOLOGIA	35
3.1	PROCESSO DE COLETA E SELEÇÃO	35
3.2	PROCESSAMENTO DO MATERIAL	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	ASPECTOS DO AMBIENTE	40
4.2	ASPECTOS NO ÂMBITO GERAL	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O controle geral para manter processos e disponibilidades de equipamentos para produção no setor industrial, dos mais simples até os produtivos, funcionando com qualidade e buscando baixo custo, se envolvem no âmbito da manutenção. Essa, que traz a mediação entre a contínua operação de ativos e influência em aptidão dos processos, tem como base o gerenciamento da manutenção de equipamentos para buscar a ligação ideal. (PERES 2006)

Nesse cenário, a alta concorrência e entrega de resultados entre empresas, com seus avanços em tecnologias, buscam planos e técnicas que tragam eficiência em gerenciamento, gerando grande desafio na manutenção. Com ela ciente do papel que tem que enfrentar, para trazer respostas com eficácia a todos esses avanços, através de dispositivos de gestão, é onde entra a Manutenção Centrada em Confiabilidade, que acentua as soluções que as empresas necessitam. (PINTO; LIMA, 2006)

Todas essas sequências de necessidades envolvem ainda mais avanços tecnológicos dos meios de produção, unem automatização das indústrias a sistemas *just in time*, estes, mais rebuscados, devido ao grande entrelaçamento das ferramentas desses sistemas, onde erros irrelevantes causam prejuízos e paradas consideráveis no determinado setor atuante. Mostra assim o que se tornou a gestão de manutenção, alta preservação dos dispositivos, conectando praticidade, confiabilidade, menor consumo e mais requisitos ambientais. (TASTCH 2010).

Isso assegura, conforme Xenos (1998), que indústrias que ainda não se deram conta que para um setor de qualidade e produtividade atingir a excelência, só serão consistentes com o aperfeiçoamento de ferramentas de manutenção, e pode, por práticas inapropriadas de funcionamento desses quesitos levarem a prejuízos consideráveis.

Nesse contexto, de acordo com, Mondini et al. (2015), a indústria de transformação faz parte de um setor de reincorporação a outros bens, que abrangem vários métodos de produção, de amplas opções de matérias primas, assim, com necessidade de se manter em alto nível de distribuição de produtos, com qualidade, emparelhamento a técnicas de baixos custos e preços racionalizados.

Apontando, assim, para a eficiência da MCC e os fatores que ela soma na sua aplicação, levou-se ao questionamento se a aplicação da Manutenção Centrada em

Confiabilidade, na indústria de transformação, poderia trazer possíveis associações de melhorias e vantagens à referida indústria.

Dessa maneira, este trabalho visa contribuir ao meio acadêmico e profissional, tendo como pretensão levar entendimento sobre a metodologia da MCC, norteador os efeitos que ela pode trazer com sua aplicação às indústrias, visto que essas ficam dependendo de suas disposições, gerenciamento, desenvolvimento sustentável e cooperação dos seus processos, devido às atuais circunstâncias do mercado econômico.

1.2 JUSTIFICATIVA

O ambiente industrial progressivamente se aperfeiçoa em processos e tecnologias no seu maquinário, abrange e interliga cada setor, desde o subjetivo ao físico. Busca o baixo custo de aplicação de suporte à manutenção e tenta conciliar ao alto índice de produção, trazendo, por conseguinte, a busca por gestão de manutenção, relacionada ao menor número de falhas nos ativos e falhas operacionais. Foca, na integração do baixo custo de estoque, conseqüentemente, buscando por baixo custo de investimento em manutenção.

Nesse contexto, o enquadramento da MCC entra em questão, traz aumento em confiabilidade, tanto no quesito minimização de falhas, através do aprimoramento dos sistemas de manutenção das plantas industriais, quanto na catalogação de falhas para agilidade e exatidão na correção. Em paralelo, segue-se em diagnóstico de monitoramento de processos ativos, busca a eficiência permanente dos avanços nos sistemas industriais, e os mantém mais seguros, estáveis, mais baratos e de acordo com critérios ambientais, os quais estejam em questão. (SIQUEIRA, 2005)

De certa forma, a tal justificava para desenvolvimento do trabalho veio pelo enfoque da curiosidade sobre manutenção, seus avanços no âmbito industrial, mudanças e suas maneiras mais abrangentes de atuação, buscando uma das partes mãe da gestão da manutenção, a MCC, e suas importâncias técnicas e atrelado a isso, os poucos índices de integração de desenvolvimento em certos setores industriais.

Surge, então, a procura por conhecimento e alinhamento da construção de ideia, para um trabalho relacionado a esse ponto, traz este, como envolvimento do tema, a aplicação na indústria de transformação brasileira, que norteia a importância

da MCC ser uma ferramenta considerável para o alto plantel de competividades, que abrange o concorrido mercado da indústria de transformação.

1.3 OBJETIVOS

Esses serão divididos em geral e específicos e apresentados logo abaixo.

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi uma revisão de literatura, sobre os efeitos da aplicação da manutenção centrada em confiabilidade na indústria de transformação, no Brasil.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisão sobre os conceitos e contextos da manutenção centrada em confiabilidade e da indústria de transformação;
- Comparação entre o antes e depois da manutenção centrada em confiabilidade sobre a indústria de transformação;
- Apresentação de possíveis vantagens analisadas da aplicabilidade da manutenção centrada em confiabilidade sobre as indústrias de transformação.

1.5 ESCOPO DO TRABALHO

Por se tratar de um assunto muito amplo, que envolve variedades consideráveis do tema, faz-se necessário limitar essa abrangência.

Nesse caso, o enfoque será nas definições mais efetivas, que levem a um contexto de análise subjetiva da manutenção centrada na confiabilidade aplicada à indústria de transformação.

1.6 DISPOSIÇÃO DO TRABALHO

A disposição deste trabalho se dará em forma de quatro capítulos, onde serão

apresentados em forma de lista logo abaixo:

- O primeiro capítulo: onde se constrói a introdução, conta com uma curta, porém significativa, apresentação da contextualização problemática do tema, seguida de justificativa, objetivos, classificações da metodologia de pesquisa, escopo e disposição do trabalho;
- O segundo capítulo: onde se constrói o desenvolvimento do estudo teórico, da MCC e a indústria de transformação, para dar suporte a revisão bibliográfica;
- O terceiro capítulo: onde se constrói a estrutura de análise subjetiva, direcionada a aplicação da MCC na IT, onde serão mostrados efeitos da pesquisa e breve debate textual;
- O quarto capítulo: onde se constrói a conclusão sobre todo estudo feito, o que pôde agregar e se houve outras possíveis construções de questionamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão se dará pelas condições de contorno referente ao tema. Norteia, em princípio, um breve histórico de progresso da manutenção industrial, segue para a contextualização da IT e finalizando pelas temáticas mais consideráveis da MCC.

2.1 Breve histórico da manutenção industrial

O ápice da manutenção veio após a Segunda Guerra Mundial, com as necessidades requeridas pelo avanço em mecanizações industriais. Prosseguindo, até meados dos anos 60, os meios de produção se fizeram mais requintados, buscando por, menos mão de obra, mais aumento de produtos e instalações industriais. (GUIMARÃES; NOGUEIRA; DA SILVA, 2012).

Nesse caso, como aborda Moubray (2000), a evolução da manutenção se dividiu em três gerações, que serão explanadas no decorrer.

A Primeira Geração, ainda segundo o autor, abrange um período entre 1940 até por volta de 1950, nota-se a simplicidade de equipamentos, baixa mecanização, consequentemente simplicidade na manutenção, sem envolvimento ou até mesmo sem exigência de capacidade técnica, a existência de falhas não era fator crucial.

Na Segunda Geração, ainda segundo o autor, abrange um período de 1960 a meados de 1980, envolveu um período para suprir à procura de suprimentos que a II Segunda Guerra exigia, apresentando então, necessidade na produção para tal. Com as baixas da guerra a mão de obra escassa, veio então, a maior demanda por mecanização, como efeito, aumento de complexidade dessas. Nisso, passou-se a ter maior necessidade de resultados, percebe-se assim, que as falhas deveriam ser as mínimas possíveis.

Surge em meados dos anos 60, o conceito de manutenção preventiva e com ela a necessidade de gerenciamento dos altos custos que a manutenção passou a exigir. Com todo esse aumento, ficou clara a necessidade de gestão de vida útil dos ativos.

Em meio a isso, a combinação para cumprir a demanda de produção programada com a automação dos equipamentos, para produzir e aumentar a demanda, levam a necessidade da alta produção no tempo correto. Motivando, as empresas a terem maior interesse em melhorar o gerenciamento da manutenção dos

equipamentos, focando a garantia na produção. Surgiu assim a TPM, que uniu os ambientes organizacionais da Primeira e Segunda Gerações.

Logo, a Terceira Geração, ainda segundo o autor, abrange nos anos de 1980 a meados de 2010, onde o novo tomou conta dos seus conceitos, tanto de pesquisa, expectativas e técnicas. Trazendo como um dos maiores pilares da manutenção, a confiabilidade, essa que surge pelas exigências e criticidade da automatização nas indústrias, nos seus mais diversificados setores. (GUIMARÃES; NOGUEIRA; DA SILVA, 2012).

Esse aumento, segundo Moubray (2000), leva também ao maior número de falhas, ocasiona a maior constância de efeitos no setor de qualidade, afetando consideravelmente os padrões de qualidade. Associa-se assim, ao conceito que se reforçou na terceira geração, o de manutenção preditiva, esta que traz como base o conhecimento das máquinas atuantes nos seus determinados setores, assimilado ao tempo de vida útil, e traça estimativas de tempo até a substituição dos seus componentes. (PINTO; XAVIER, 2007).

Paralelamente, com a necessidade de certificação de uma linha de aeronaves Boeing 747 e seu nível de automação, viu-se a inviabilidade de desenvolvimento para tais exigências pretendidas, em relação as técnicas tradicionais da época. Surge assim, a necessidade de novas metodologias para redução de falhas significativas, em que foi gerado um relatório para introduzir os conceitos da MCC (SIQUEIRA, 2005).

Dessa maneira, a necessidade de desenvolvimento de novos preceitos, norteados por confiabilidade, preservação de equipamentos e usabilidade, para atingir resultados com qualidade e praticidade exigidos pelos ambientes industriais, unidos ao que não se trata apenas da especificidade das empresas, como as questões ambientais, levou a consolidação da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Mas, como se trata de engenharia, a inovação é palavra-chave, surge em meados de 2010 até a atualidade, a Quarta Revolução, também chamada de Indústria 4.0, esta que, de acordo com Schawb (2016), veio para quebrar todos os paradigmas e superar expectativas. Tal Revolução não diz respeito apenas ao contexto industrial com suas tecnologias, mas tende a abranger e entrelaçar, desde o mundo físico, social e biológico. Ainda de acordo com esse autor, as inovações e modernizações tendem a se desenvolver com velocidade acentuada, sendo que o tear mecanizado demorou mais de um século para tornar-se comum fora da Europa, enquanto, a internet foi

consideravelmente quase dez vezes mais rápida.

Nota-se ainda por Dutra (2019) que a Quarta Revolução se deu pelo surgimento de sistemas autônomos, compostos por tecnologias cibernéticas, em respostas ao aumento de demandas de produtos personalizados e ao fácil acesso a tecnologias habilitadoras, mostrou a facilidade de interação entre as novas formas de tecnologia para com a sociedade, apresentou mediações no melhoramento da resposta do ser humano e suas soluções a divergências.

Segue abaixo, ilustrado pela Figura 1, a evolução das técnicas de manutenção nas Revoluções, de acordo com Dutra (2019):

Figura 1: Evolução das Técnicas de Manutenção



Fonte: Dutra, 2019.

Na Figura 1 acima, segue uma descrição ilustrativa de como se passou a evolução das técnicas de manutenção. Esta, que se destacou, como início de desenvoltura do seu crescimento por volta de 1940, progrediu até a atualidade, apontou em cada etapa da evolução suas principais características e relevâncias.

Como parte da Primeira Geração, destacou-se de acordo com a Figura 1, consertar quando quebrar, modelo reativo, manutenção corretiva, esta que ainda se faz pouco presente e que apresentou no princípio, alto custo e baixa disponibilidade, até meados do fim dos anos 1950. Na Segunda Geração, por volta dos anos de 1960, em que ele destacou a manutenção preventiva, baseada no tempo, planejamento e controle de manutenção, pontuações essas que ainda são de grande valia, ao passo que começam para a transformação de altos custos para custos melhorados, melhoramento da disponibilidade e já apresenta a baixa confiabilidade, permeou até meados do fim de 1970. Onde, dá-se início a Terceira Geração, percebe-se o alto grau de progresso e inovações, em comparação com as anteriores, destaca a manutenção preventiva baseada na condição, manutenção preditiva, FMEA, sistemas informatizados e RCFA, apresenta custos melhorados, melhores disponibilidades e baixa confiabilidade, até por volta dos anos de 2010. A Quarta Geração, em que atributos como, projetar para manutenibilidade, realizar menos com menos, manutenção centrada em confiabilidade, facilidades de projetos de manutenção e manutenção de classe mundial, fazem-se presentes para a transição, com qualidades de custo, alta confiabilidade e alta disponibilidade, até os dias atuais.

2.2 PROGRESSO DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

A mão de obra se encontra em processo de escassez em meados dos anos 1920, em que a classe trabalhadora era, em sua maioria, atuante no campo. Em meio à transição da Primeira para a Segunda Guerra Mundial, segue-se o processo de mecanização industrial, devido à alta demanda das Guerras em formação, então, a classe operária adequou-se ao mundo em questão. A maior parte dessa classe atuou na indústria de transformação. (SINGER, 1985).

Nesse contexto, a industrialização no Brasil se deu de maneira tardia, de acordo com Alves (2000), por diferir de outras economias já atuantes, seguiu outra direção no desenvolvimento de produção, que de acordo com Assis (1999), iniciam com as indústrias tradicionais. Mais tarde, distanciou-se das tradicionais e se aproximou das indústrias intermediárias, de capital e bens duráveis, requerendo mais investimentos financeiros.

Percebendo a fragilidade da indústria, no quesito investimento, e a necessidade de trazer as de base para o desenvolvimento das próprias indústrias de bens, devido

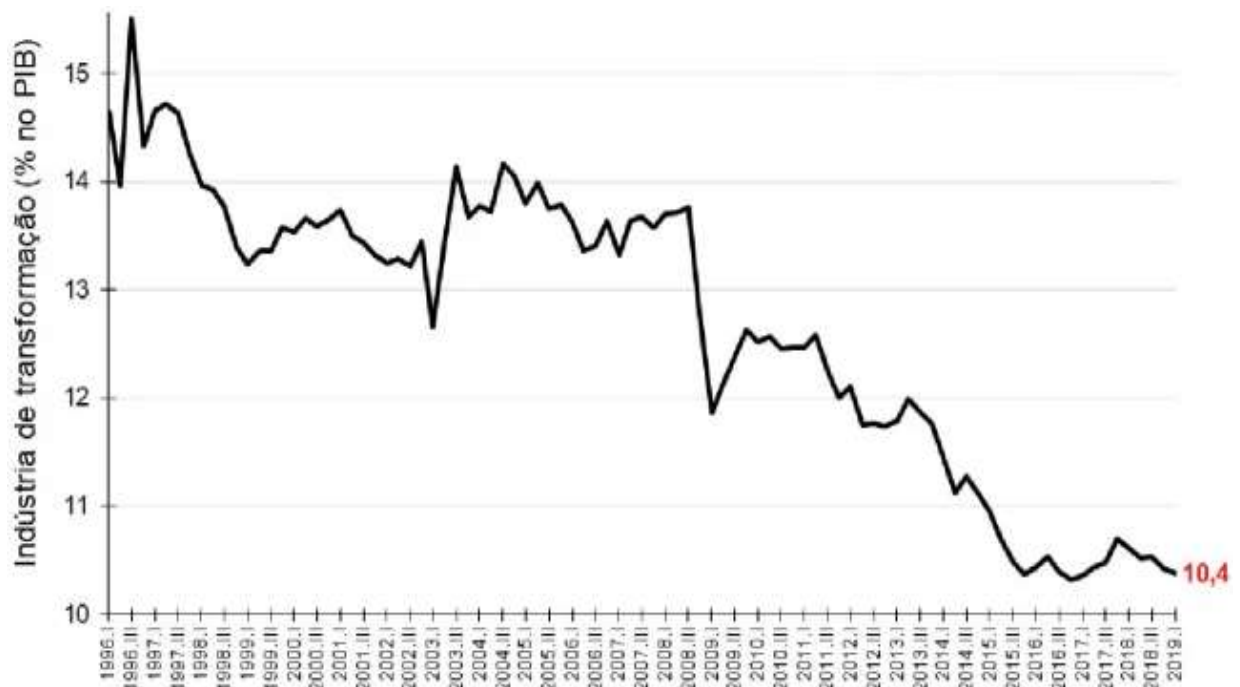
à pouca mecanização, e ainda impedindo o progresso das indústrias de transformação, houve ação do governo da época, que agiu e diversificou partes das indústrias para melhorar a formação na produção industrial e buscar o seu amadurecimento. (ALCÂNTARA; LUCENA, 2006).

Nesse cenário, em meados dos anos 1980 e 1990, a indústria de transformação passa por um processo de desindustrialização na economia nacional, o que afetou esse setor consideravelmente, pois voltou a ter baixa no investimento para desenvolvimento do âmbito industrial, afetado pela mudança de bens e oportunidades da indústria para os setores menos efetivos, ocasionou ainda mais o déficit potencial das indústrias, e a necessidade de suprir a demanda de resposta produtiva dos trabalhadores, o que levou à baixa no desempenho do PIB natural em longo prazo. (Marquetti 2002

Esse efeito negativo, em sua maior parte, teve relação com a falta da presença da indústria de transformação, esta que tem influência considerável na variação do PIB, sofreu com as disputas industriais afetadas pela abertura da economia relacionadas ao setor, por volta dos anos 2000. (IBID apud OREIRO E FEIJÓ 2010).

Com isso, é perceptível o quadro de importância do dinamismo que a indústria de transformação tem no âmbito industrial econômico, é bastante volátil quando atua em construção de índices de alta e baixa da produtividade do país, serve ainda de força reguladora para tal. No entanto, quando não há consolidação daquilo que serve para manter a força das indústrias, elas perdem a característica de dinamismo, e isso, analisado a partir dos anos 1990, como relata Lamonica e Feijó (2013), aconteceu com as baixas nas taxas de crescimento da indústria de transformação, como mostra partes do Gráfico 1, abaixo:

Gráfico 1: Manufatura (% no PIB a preços constantes), Brasil 1996 a 2019



Fonte: IBGE. Adaptado de Morceiro (2019).

Nesse Gráfico, observa-se, ainda por volta de 2003, uma linha de tendência de alta, considerável, apresentando uma folga para crescimento da indústria de transformação, esta que corre proporcionalmente à economia, como já foi pontuado.

Nessa situação, atinge-se um topo significativo por volta do primeiro trimestre de 2004, segue em uma lateralização até por volta de 2008, onde surge a crise internacional financeira, que afetou o percentual de crescimento e rompeu, ao levar a uma nova queda, por volta de 12%.

Nessa linha, em meados de 2010, tem-se uma retomada de quase 0,5% no PIB, aquela região que foi de suporte transformou-se em uma região de resistência da porcentagem, que se faz presente em 12,5%, seguiu em leve saturação até 2011, data que começa outra baixa, notadamente afetando o mercado até 2015. Desde então, entrou em processo de pequenos ruídos no gráfico, com pequenas oscilações de alta e de baixa, mas permaneceu lateralizado e atingiu em 2019 a menor marca histórica de 10,4% do PIB em 2019.

Então, no que foi notado em geral, o crescimento da indústria de transformação vem perdeu impulsão desde os anos 90.

Assim, afetou também relativamente a produtividade, já que as margens de crescimento foram negativadas em sua maioria. Permanece nítido o decréscimo da

produtividade desde 1996, já que seguem em caráter diretamente proporcional às linhas de desenvolvimento.

Com isso, a exemplo de países desenvolvidos, a consideração próspera de sucesso, vem da base de políticas industriais focadas em inovação, o que leva ao dinamismo. No tocante a falta de planejamento, desde os anos 1980, é confirmada pelo desinteresse na qualificação de setores e suas questões estratégicas, isso reflete no desenvolvimento tecnológico, que é de suma importância para o setor industrial e comunicação, fatores esses que implicam a difusão para pessoal qualificado no âmbito de inovação e tecnologia (MORCEIRO 2019).

2.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A confiabilidade passou a ser contexto na manutenção, na aeronáutica, como afirma Kardec e Nasif (2009), de maneira geral, a partir de falhas evidenciadas em equipamentos militares americanos por volta de 1950.

Onde Siqueira (2005) relata o surgimento de um grupo para desenvolvimento da confiabilidade, por causa da criação de um avião, Boeing 707, que quebrou as barreiras das tecnologias em manutenção da época, existentes para as fabricações referentes a ele. Pois não foi possível tal produção de acordo com os preceitos da aeronáutica, necessitou com isso de uma revisão nas metodologias e criação de novas, para que tivesse o menor número de falhas possíveis. Dessa maneira foram realizados estudos de aplicação e exibidos em relatório para aplicação dos conceitos da MCC.

Como se pode notar, a MCC é bem versátil e são vários os autores que a define:

- Xenos (1998) a define como um método para garantir que equipamentos, no âmbito geral, mantenham a ação a qual foi designado a fazer pelo operador;
- Lafraia (2001) a define como a indicação do que deve ser realizado para que o equipamento continue a executar a finalidade a que foi proposto;
- Siqueira (2005) a define como uma metodologia, que visa achar o que levou a utilidade de determinada manutenção, no seu âmbito geral, a envolver não só processos industriais.
- Fogliato e Ribeiro (2011) a define como uma polivalência na aplicação de métodos de engenharia, para garantir eficiência nas delegações a

que os equipamentos industriais são destinados.

Dessa maneira, percebe-se que a palavra chave que envolve a MCC é assegurar, que de acordo com o dicionário online, Dicio (2020), significa garantir, tornar algo seguro, confiável. Conota assim, com veemência a relação para com o foco da MCC, traz, com a soma dessas características, a concorrência e competitividade de organizações que abrangem os conceitos e estratégias da MCC, norteia, em seu maior âmbito, a confiabilidade no auxílio dos referentes departamentos operacionais que se fazem presentes.

Então, percebe-se, como foi estabelecido por Fogliatto e Ribeiro (2011) a necessidade de mensuração da confiabilidade, que advém de estudos através de informações de base de dados, que podem ser registradas por classificações de falha vindas dos processos ativos em questão, em âmbito geral de todo o sistema a que será referenciado, com essas apresentadas em partes, através de funções de confiabilidade mais comumente utilizadas. As expressões das funções são apresentadas, ainda pelo autor em questão, para avaliar falhas e propor as devidas manutenções.

2.3.1 FUNÇÃO DE CONFIABILIDADE

Calcula a probabilidade de uma unidade não falhar, em um determinado intervalo de tempo, define sua sobrevivência, indica assim o sucesso no processo, é representada pela seguinte equação:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(u)du \quad (1)$$

Onde:

R (t) = função confiabilidade;

F (t) = probabilidade de falha;

T = variável aleatória.

2.3.2 FUNÇÃO DE RISCO

Considerada a mais importante das medidas, refere-se à quantidade de risco atrelada a uma unidade, que pode ser um componente ou sistema, no tempo t ; em que ainda pode ser comparada a diferentes características entre componentes ou sistemas, é representada pela seguinte equação:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2)$$

Onde:

$h(t)$ = função de risco em função do tempo;

$f(t)$ = função densidade de probabilidade de falhas;

$R(t)$ = função confiabilidade.

2.3.3 TEMPO ATÉ A FALHA

É o tempo decorrido desde o início da ferramenta em questão, até a sua primeira falha, calcula a probabilidade de falha de no intervalo de 0 a t , representada pela seguinte equação:

$$F(t) = P(T < t) = \int_0^t f(u) du, t > 0 \quad (3)$$

Onde:

$F(t)$ = probabilidade de falha em função do tempo t ;

T = variável aleatória;

$f(u)du$ = densidade da probabilidade.

2.3.4. FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

Vai ser denotada pela probabilidade de uma unidade em questão tem de falhar, ao longo de um determinado tempo que foi analisado, é representada pela seguinte equação:

$$f(t) = \frac{d}{dt}F(t) \quad (4)$$

Onde:

$f(t)$ = função densidade de probabilidade de falhas;

$F(t)$ = probabilidade de falha em função do tempo t ;

$d(t)$ = período de tempo.

Com isso, percebe-se notadamente a probabilidade no âmbito das funções, que de acordo com Kardec e Nasif (2009) é representada entre 0 e 1, sendo o 0 a não convicção de uma ação e 1 a convicção de uma ação, ao trazer para o contexto da confiabilidade, é expressa numericamente nessa mesma linha.

2.4 BREVE NORMATIZAÇÃO DA MCC

A normatização da MCC, como cita Rigoni (2009), ocorreu devido ao grande assirramento que surgiu a demandas pela variedade de propostas a respeito da implatância da MCC.

Com isso, ainda de acordo com esse autor, viu-se uma grande rivalidade no meio comercial, levou assim, a regras e criação de uma normatização da metodologia para tal. Dessa maneira, houve total empenho internacional para desenvolvimento de uma norma referente ao mínimo possível de parâmetros exigidos para que uma metodologia que envolve o gerenciamento de manutenção venha a ser chamada de MCC, de acordo com a SAE (siga em inglês para Sociedade dos Engenheiros Automotivos), surgiu então a norma SAE JÁ 1011. A partir disso, por volta de 4 anos depois, em 2002, surge a norma SAE JA 1012, que veio para analisar esses parâmetros necessários para aplicação da SAE JA 2011.

2.4.1 LINHAS GERAIS DA MCC

As linhas gerais da MCC, de acordo com Rigoni (2009), abrangem os métodos de procedimentos para estabelecimento dela, fazem caracterização de ações sob inspeção ou análise, a partir de um catálogo ou lista em padrões de perguntas sobre equipamentos no âmbito industrial, a partir daí tais ações devem ser registradas.

Essas indagações que norteiam as atividades da MCC são apresentadas a seguir, como Moubray (2000) detalha:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
2. De que modo ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha importa?
6. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

A seguir terá uma breve apresentação sobre cada item citado acima, de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011).

2.4.1.1. QUESTÃO 1

Os ativos físicos em ação, precisam estar estabelecidos sobre o que se pretende de cada um, e sobre as funções que desempenharão e adequar-se aos padrões necessários, dentro do processo de funções e padrões de desempenho, com alicerce da MCC, onde a ação do operador será dividida em 2 categorias, função primária e secundária:

- Funções primárias caracterizam o que o ativo deve fazer, abrange, de acordo com Moubray (2000), questões como velocidade, quantidade, capacidade, qualidade de produtos e serviços aos clientes.
- Funções secundárias, cada componente do ativo em questão terá atividades em segundo plano, que têm de estar associadas e asseguradas a funcionalidades referentes, como cita Moubray (2000): segurança, controle, contenção, conforto, integridade estrutural, economia, proteção, conformidades ambientais e até aparência do item.

Portanto, todas as funções do ativo precisam estar catalogadas para conduzir o

programa de MCC.

2.4.1.2 QUESTÃO 2

No contexto geral da MCC, a condição de falha resulta de como os equipamentos podem falhar em cumprir suas funções, que de acordo com Moubray (2000), ocorrem devido à incapacidade de o ativo operar em nível aceitável pretendido pelo operador. Enfatiza, então, que o operacional e a manutenção devem estar alinhados para a correta identificação do modo de falhas dos ativos em questão.

2.4.1.3 QUESTÃO 3

As causas de cada falha funcional, são definidas quando a atenção levada ao programa de MCC, foi ocasionada pelo não direcionamento das ações de prevenção as condições da falha e sim as causas que resultaram nela. Estas devem ser detalhadas e especificadas, para que as ações a serem executadas corretamente, sejam à raiz do problema e não aos sintomas que ele apresenta.

2.4.1.4 QUESTÃO 4

A quarta questão do processo da MCC leva ao detalhamento dos efeitos de cada falha e o que ocorre com o acontecimento delas. Esse levantamento serve para apoiar o entendimento das consequências da falha, como:

- O que pode ser observado quando a falha ocorre;
- O tempo que o equipamento ficara parado na eventualidade da ocorrência da causa;
- Os danos que a falha pode acarretar incluindo possibilidade de perdas materiais, humanas ou ambientais;
- O que pode ser feito para reparar a falha.

2.4.1.5 QUESTÃO 5

Por conseguinte, surge a análise das consequências das falhas, leva ao ponto

chave, de que forma cada falha interessa. É avaliada a quantidade expressiva de falha que pode ocorrer no âmbito industrial, é preciso adequar cada falha ao seu nível de criticidade, influenciado assim, em considerável ou não ao nível de demanda para solicitação da sua correção. Com isso, essas consequências são abordadas em cinco grupos:

- Consequências escondidas, falhas de pouca influência, mas pode expor a falhas consideráveis à indústria, o que aumenta a gravidade das consequências;
- Consequências para a segurança, falhas que levam iminência acidentes graves ou não;
- Consequências ambientais, falhas que levam a prejuízos no contexto ambiental em geral;
- Consequências operacionais, falhas que podem levar a parada na produtividade em geral;
- Outras consequências, falhas distintas das referenciadas acima, que envolve apenas custeio do reparo.

Com isso, o processo da MCC traduz as consequências das falhas ao avaliar seus índices de criticidade, e caracterizar os níveis do impacto de tais, para ações de prevenção.

2.4.1.6 QUESTÃO 6

A partir das descrições que ocorreram acima, leva-se então ao que pode ser feito para prevenir ou impedir cada falha, envolve tarefas ativas e proativas.

- Tarefas proativas, elas norteiam ações nos ativos antes de ocorrerem as falhas, com intuito que o dispositivo não falhe;
- Tarefas reativas, estas já atuam quando há presença de falha no dispositivo em questão, é presente quando o custo benefício, no âmbito geral em atividade, em relação a proativa não é satisfatório.

2.4.1.7 QUESTÃO 7

Dessa maneira, leva-se ao último questionamento, o que deve ser feito quando não se pode determinar uma tarefa proativa apropriada. Entende-se, portanto, que se trata de alta criticidade da falha, deve-se então executar tarefas de buscas ou até alterações para readequação do projeto em questão.

2.4.2. FASES DE IMPLANTAÇÃO DA MCC

A implantação da MCC deve ser acompanhada das repostas referentes aos questionamentos da seção anterior, onde devem ser documentadas para possível consulta quando necessário.

Autores como Lafraia (2001), contemplam as etapas da implantação em cinco, que são:

- Requisitos operacionais;
- Análise funcional;
- Elaboração do FMEA;
- Diagrama de decisões;
- Programa de Manutenção.

Já para Fogliatto e Ribeiro (2011), as etapas de aplicação são contempladas em nove sequências, que são:

1. Escolha da equipe;
2. Capacitação em MCC;
3. Estabelecimento dos critérios de confiabilidade;
4. Estabelecimento da base de dados;
5. Aplicação da FMEA e classificação dos componentes;
6. Seleção das atividades de manutenção programada pertinentes;
7. Documentação das atividades de manutenção programada;
8. Estabelecimento de metas e indicadores;
9. Revisão do programa de MCC.

Essas etapas serão explanadas abaixo de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011).

2.4.2.1 ESCOLHA DA EQUIPE

O início de aplicação da MCC dá-se com a escolha de um notável líder, este que tem que passar acima de tudo confiança e espírito de liderança, em que a comunicação com a equipe deve ser em sua totalidade, concisa e transparente. No âmbito de escolha da equipe, esta deve agregar todo o departamento referente ao processo em questão. A partir daí, as funções e delegações serão distribuídas de acordo com cada setor, e abranger todos.

2.4.2.2 CAPACITAÇÃO EM MCC

Nesta fase, os representantes, que se encaixam comitê e equipe de trabalho, da MCC, devem se capacitar, conhecer e estar cientes de todo o operacional no seu âmbito geral, cada um com entendimento da delegação a que se faz parte, não esquecer de conceitos fundamentais e específicos da sua implementação.

2.4.2.3 ESTABELICIMENTO DOS CRITÉRIOS DE CONFIABILIDADE

Como cada equipamento tem sua especificidade, a definição de escolha da confiabilidade vai ser de acordo com a adequada ao equipamento, objetiva os preceitos de impedimentos da MCC, apresentados a seguir:

- Ocorrência com lesões;
- Ocorrências de cunho ambiental no âmbito geral;
- Ocorrências materiais consideráveis;
- Assegurar confiabilidade de equipamentos saturados.

Apoiado nisso, são determinados os níveis de necessidade dos dispositivos e então estabelecidas condições de contorno de ações da manutenção.

2.4.2.4 ESTABELECIMENTO DA BASE DE DADOS

Por conseguinte, faz-se necessário registro e classificação de dados relacionados à confiabilidade dos componentes, para formação de um banco de dados, cria assim, sentido nas informações e dá eficácia as demandas de pesquisa do setor em questão das organizações, com isso, dá suporte para dimensionar as ações da manutenção.

2.4.2.5 APLICAÇÃO DA FMEA E CLASSIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

Nessa fase, descobrir para que e por que cada componente foi instalado no sistema referente, faz parte da aplicação da FMEA. Com isso, é entendido como cada falha ocorre, seus impactos e suas causas, ao levar-se a classificação da falha do componente em questão, como, crítico, potencialmente crítico ou não crítico.

2.4.2.6 SELEÇÃO DAS ATIVIDADES DE MP PERTINENTES

Nesse contexto, a ocorrência de falha que acarretar em lesões em qualquer âmbito, são definidas a partir do componente relacionado, como críticas ou potencialmente críticas. São as funções da manutenção categorizada, em preditivas, preventivas e proativas.

2.4.2.7 DOCUMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MP

Nesta fase, as ações da manutenção programa, que compõem a preditiva e preventiva, têm de ser bem detalhadas documentalmente, onde elas devem ser relatadas de acordo com a confiabilidade, na falta de elementos numéricos para tal, devem ser baseadas pelos relatos da equipe de trabalho.

2.4.2.8 ESTABELECIMENTO DE METAS E INDICADORES

As metas e indicadores são o suporte a gestão do programa de MCC. O primeiro passo para suas definições é a seleção em caráter de importância dos indicadores. O segundo passo é saber como se encontra a condição atual deles e

então será possível precisar metas que vão de acordo com o contexto. Finaliza com a monitorização constantes desses indicadores, para comparação entre o contexto atual e até a meta que foi definida.

2.4.2.9 REVISÃO DO PROGRAMA DE MCC

Essa última fase é onde se verifica o progresso do programa de MCC como um todo, o que levou a contribuir para a manutenção e o que sofreu alteração, já que o tempo é fator determinante, com isso as ações de manutenção devem ser revistas constantemente. Onde também, os conhecimentos de causa das equipes de trabalho serão expressamente consideráveis para aprimoramento do programa.

3 METODOLOGIA

O procedimento de coletar e selecionar o material para o presente trabalho, foi por meio da procura por acervo bibliográfico de estudos brasileiros, que decorreram no período de 2019, classificados por data, levados em consideração pela preferência em pesquisar materiais mais recentes.

3.1 PROCESSO DE COLETA E SELEÇÃO

A pesquisa foi realizada na base de dados Google Acadêmico, no dia 13 de junho de 2020. Onde a escolha, se fez devido, a flexibilidade de fácil acesso, por ser a que mais se enquadrou ao atual momento e disponibilidade de instrumento de pesquisa do Autor, por abranger vasto conteúdo científico, das mais variadas áreas das ciências e mais variados repositórios universitários.

Dando prosseguimento ao processo, foi realizada a busca da palavra-chave, Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), apenas com trabalhos no idioma português, e em que o acesso ao texto completo do trabalho era possível. Em seguida, aplicada a busca da palavra chave, indústria de transformação, para especificar ao ambiente do tema tratado neste trabalho.

Então foram encontrados no contexto amplo do tema, MCC, 16 resultados, envolvendo essa palavra-chave, no entanto os que se encaixavam no âmbito do tema, indústria de transformação, foram 11 resultados, dos quais, 4 foram descartados, por não satisfazerem os critérios definidos e 1 por não ter acesso ao texto completo.

Dos 11 artigos selecionados, 6 foi uma quantia satisfatória para categorizar e acrescentar relevância a concepção teórica do presente trabalho. Com isso o conjunto de características comuns levam a compreensão daquilo que é baseado na experiência, permitindo assim mostrar condições singulares do objeto e o que ele relaciona.

Dessa maneira, a seleção dos trabalhos bibliográficos foram de acordo com, Institute (2011) apud Souza (2014), que abordam uma ideia bastante clara, indica que as escolhas dos referentes trabalhos devem ser aquelas que apresentam relação com a temática do trabalho, escolhas estas feitas a partir das análises dos títulos e resumos mais apropriados ao estudo.

3.2 PROCESSAMENTO DO MATERIAL

Nesta etapa, será definida a abordagem do material que foi escolhido, no qual foi realizada a partir de leitura sistemática dos elementos textuais, usa como fator norteador os efeitos entendidos à ação do tema.

Nesse contexto, serão feitos dois quadros para melhor compreensão e organização dos trabalhos bibliográficos. Com isso, de acordo com Minayo (2002), ao partir para as análises de conteúdo, elas se dividirão em diferentes tipos como: de expressão, das relações, de avaliação de enunciação e categorial temática. Como norte, o presente trabalho seguiu essa última, que se baseia em descobrir as partes que fazem parte da comunicação e tem o objetivo de conduzir análises ao que se é desejado, aplicadas de forma à interpretação e não em formas estatísticas. Onde essa análise funciona em etapas, operações de desmembramento em texto e em categorias para reagrupamento analítico, e compõe ainda dois momentos: isolamento dos elementos e organização das mensagens a partir dos elementos fragmentados.

Dessa maneira, ainda se pode destacar a predominância, de acordo com Turato (2000), dos termos de repetição e relevância, isto é, os processos de reler o material em questão levam a destacar temas e ideias consideráveis.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos critérios de seleção estabelecidos, foram selecionados 6 trabalhos, em que 3 foram artigos publicados e 3 trabalhos não publicados, onde buscou-se analisar os principais dos estudos sobre a aplicação da MCC na indústria de transformação tendo em vista os efeitos dessa aplicação nos trabalhos no Brasil.

Dessa maneira, no Quadro 1 a seguir, apresenta-se a síntese dos trabalhos incluídos na presente revisão.

QUADRO 1: Apresentação da síntese de trabalhos incluídos na revisão de literatura.

Nº	AUTORES	OBJETIVO	COLETA	REGISTRO	TRATAMENTO
1	Campos e Moura.	Localizar e detectar condições elétricas anormais, a fim de prever anormalidades mecânicas que indiquem, ou possam levar à falha de um equipamento.	Vasta pesquisa literária, abrangendo a análise, levantamento e histórico de um torno computadorizado.	FMEA juntamente com os estudos de caso da CBM.	Análise qualitativa e quantitativa.
2	Barbosa et al..	Visitar uma empresa, analisar o seu processo de manutenção e propor a utilização da técnica de (MCC) para uma guilhotina.	Estudo de caso.	Questionário, planilha de fronteiras físicas e planilha amplificada para condução da FMEA	Análise qualitativa.
3	Meneghini e Zaions.	Propor um aumento na disponibilidade e confiabilidade	Levantamento bibliográfico com a	Confecção da planilha de histórico de falhas	Análise qualitativa e quantitativa.

		do equipamento ou sistema, através da análise das falhas funcionais.	fundamentação teórica e Realização de entrevistas não estruturadas com as pessoas que tem experiência prática com o estudo em questão		
4	Monfradini.	Examinar o comportamento do forno de indução da oficina de fundição da siderúrgica, no que se refere à confiabilidade.	Estudo de caso e estudo descritivo.	Sistema informatizado.	Análise qualitativa e quantitativa.
5	Correia.	Aplicar a metodologia RCM em um equipamento de uma empresa de bebidas.	Revisão de literatura e estudo de caso.	Planilha.	Análise qualitativa e quantitativa.
6	Bastos.	Elaborar um plano de manutenção que diminua os tempos de paradas não programadas em um equipamento.	Não especificado.	Planilha.	Análise qualitativa e quantitativa.

QUADRO 2: Resultado principais.

Nº	RESULTADOS PRINCIPAIS
1	A partir da aplicabilidade da FMEA acompanhada de estudos de casos do Centro Brasileiro de Metrologia, possibilitaram identificar erros que estavam ocasionando insucesso no produto final. Ainda, apoiada em técnicas de manutenção preditiva, foi possível a identificação do modo de efeito e causa, dentro do sistema em que atuava, onde a falha foi categorizada em níveis de tendência, em um determinado período, com estado e resultado pós ação do reparo do componente em falha.
2	Buscou conhecer o ambiente de uma indústria de transformação de pequeno porte e aplicar técnica da MCC no equipamento guilhotina, onde o processo se deu por definição de uma equipe, então aplicou-se um questionário básico do programa para MCC, resultando na determinação do sistema a qual seria feita a análise de falha por causa de problemas recorrentes, depois foi delimitado a região de contorno do problema, para facilitar a identificação da falha. Resultando na construção da planilha para conduzir da FMEA com escolha do modo de falha. Conseguindo identificar o componente da falha e o porquê dela e então proposto um novo plano de manutenção.
3	Foi encontrado o principal modo de falha, o desgaste de vedações. Outros resultados consideráveis foram, falta de óleo nas bombas, falta de vácuo para selagem, insuficiente dos atuadores e ainda encontrado o tempo a demanda mais eficiente.
4	Evidência no aumento significativo da confiabilidade. Ações de implementação e revisões indicada a determinados sistemas, determinação de reparos e reestabelecimento da condição de sistemas para comprovação da confiabilidade.

5	Identificação de picos de ineficiência no equipamento em período de meses, o porquê da ocorrência desses. Apresentação do maior problema que foi encontrado no cronograma que foi a compra de peças referentes. Mesmo com dificuldades relevantes, o equipamento ainda apresentou evolução da eficiência com o plano proposto pela MCC.
6	Identificação de falhas mais significativas, em um componente, com constância de falha ao longo do tempo. Percepção de que nem todos os componentes do equipamento são possíveis identificação de padrões ou avarias que levem a falha, identificando manutenção corretiva para tal. Com inspeção dos referentes rolamentos, será possível controlar desgaste ao longo do tempo, não sendo necessárias inspeções semestrais. Possibilidade de treinamento do operador do ativo para realização de troca de componentes.

Com relação ao Quadro 1, foi nítida a predominância de trabalhos qualitativos e quantitativos, que usaram como procedimento de coleta, a pesquisa de revisão de literatura seguido de estudo de caso. Houve somente um trabalho com tratamento do material com análise qualitativa, mas usando estudo de caso.

Seguindo essa linha, no Quadro 2, foram apresentados os principais resultados dos trabalhos escolhidos, onde foram realizadas análises referentes aos temas dos citados, em que foram encontradas duas subdivisões para as temáticas: aspectos do ambiente e aspectos no âmbito geral, apresentadas a seguir.

5.1 ASPECTOS DO AMBIENTE

Em relação ao aspecto do ambiente e relato dos trabalhos em questão Campos e Moura (2019), o ambiente em que ocorreu a falha foi em uma empresa de cilindros, onde a falha se deu no programa de manutenção de um torno. De acordo Barbosa et. al. (2019), ocorreu em âmbito de uma empresa de metalurgia, no qual uma guilhotina que apresentava problemas de falhas mensais. O trabalho de Meneghini e Zaions (2019), foi relatado em uma indústria alimentícia em um sistema de embalagem de

presunto com implementação da MCC. Em contraposto, Monfradini (2019), foi realizado em uma empresa de siderurgia, relacionado a um forno, onde se deu análise de comportamento do tal elemento, no que tange a confiabilidade. No entanto, de acordo com Correia (2019), o seu estudo de caso foi em uma empresa de bebidas, especificamente no equipamento sopradora, onde foi buscada maior eficiência na manutenção. Finalizando com Bastos (2019), onde o ambiente em destaque foi uma empresa de vinhos, no equipamento capsulador, onde a proposta de resolução de problema foi a diminuição de parada não programadas.

Notadamente, percebe-se a diversidade resultados de aplicações envolvendo a MCC no âmbito das Indústrias de Transformação, desde a relatos em dispositivos, equipamentos, até em contexto geral da própria indústria, para resolução de algum quesito que influenciava ou não no processo ou relato em questão.

5.2 ASPECTOS NO ÂMBITO GERAL

De acordo com Campos e Moura (2019), foi possível perceber que quanto mais integração estiver entre técnicas, aplicações e histórico do equipamento ou sistema, a solução é cada vez mais exata e eficiente na ocorrência. Não esquecendo um ponto chave, o estudo da análise do dispositivo ou componente que foi trocado. Como relatado por Czadotz (2019), em seu estudo, um componente afetado, no caso um rolamento, esse sendo possível operar até o máximo da vida útil, dá-se suporte para que o tempo de troca seja maior, trazendo a possibilidade de benefícios consideráveis no âmbito organizacional em questão. Em contrapartida, Fogliatto e Ribeiro (2011) ressalva, que isso aconteça somente se as falhas forem de leve impacto, onde os custos delas possam ser menores que os das MP, onde indicado é o ativo atuar até que aconteça a falha.

Para Barbosa et. al., a constatação foi a necessidade de se ter histórico da máquina, equipamento ou sistema, que de acordo com Campos e Moura (2019), facilitaria no procedimento de aplicação das técnicas de MCC, evitando desperdício de tempo do corpo técnico no âmbito da manutenção, resultando em economia nos gastos e ganho em produtividade. Trazendo assim, maior performance e com um plano rebuscado de manutenção, há ganho na linha de produção em que atua o equipamento, como apontou Correia (2019). Outro ponto satisfatório, foi a identificação de nível de risco de falha, onde não foi citado por Campos e Moura

(2019), em seu trabalho, e poderia agregar na visão da condição de vida do equipamento.

Meneghini e Zaions (2019) como Campos e Moura (2019), tiveram ferramentas complementares para o plano de manutenção. Meneghini e Zaions (2019) apresentaram ainda a tomada de decisão quando não fosse possível a detecção de uma determinada falha, fator não mencionado por Campos e Moura (2019) e Barbosa et al. (2019), onde o dispositivo em questão poderia atuar até a falha, embora venha ter efeito negativo em custos e operacional, não teve influência relevante, pois o impacto no sistema era mínimo. O prognóstico, para Meneghini e Zaions (2019) foi alcançado, a identificação do principal modo de falha e o porquê da ocorrência. Em que os componentes sujeitos a degradação relacionados ao uso, com gradual taxa de falha, como são os desgastes de vedações, relatados nos estudos desses últimos autores, apontam para melhoria quando atuam sobre ele atividades de manutenção preventiva, como cita Fogliatto e Ribeiro (2011). Acarretando na decisão de Meneghini e Zaions (2019), por optar a um plano de manutenção preventivo depois das respostas adquiridas através do questionário da MCC.

Nos estudos de Monfradini (2019), percebeu-se aumento gradual de eficiência no decorrer do período avaliado, do equipamento forno, em questão, com resposta considerável no quesito produtividade que foi evidenciado, tendo resultado satisfatório a essa exigência de demanda. Foi constatado também, que certo atraso na efetividade da implantação pode ser ocorrido, por falta de padrão nos dispositivos de reposição, competência em quem fornece e revisões nos planos de manutenção, que atuam no determinado equipamento, onde devem ocorrer atualizações e evoluções de outros possíveis modo de falhas achados. Como abordam Fogliatto e Ribeiro (2011), onde os processos de manutenção devem ser vistos com frequência, por causa dessa evolução que vem com o tempo dos procedimentos de fabricação, onde, se houver alterações operacionais podem levar ao melhoramento da condição do sistema ou equipamento envolvido, ou seja, sucessivos ajustes levam ao aprimoramento do programa de MCC, atrelados ao retorno das experiências adquiridos pelo operacional em questão ou departamento.

Conforme Correia (2019), seus estudos avaliaram a aplicação da MCC em um equipamento de uma empresa de bebidas, que seria uma sopradora, onde foi percebido permanência do menos plano de manutenção no equipamento citado, com alteração apenas nas métricas de repetição. Os resultados mostraram com clareza a

efetividade do plano da MCC, em que não ocorre mais a ociosidade de colaboradores na manutenção e repetição de operações sem resultado, como era antes. Desse modo, percebeu-se a diminuição de ocupações da manutenção, ocasionando aprimoramento de tempo entre essas e a redução de irregularidades nos ativos. Notando que para o novo plano de manutenção, os procedimentos de gestão dela têm que iniciar com as funções dos equipamentos, em que vão ser aplicadas, todas reparadas, por ainda abrangerem manutenções preventivas, com lacunas nas irregularidades sem solução. Com isso, depois de recuperada a condição da sopradora, ainda haviam peculiaridades para se resolver, como a maior ocorrência que foi identificada na execução do cronograma que foi, a compra de peças, mas apesar delas, ainda foi positivo o processo, apresentando evolução de eficiência da sopradora. Situação essa do maior problema, que poderia ter resultado satisfatório com Silva (2019), que salientou um fato semelhante no seu estudo, uso da MCC em indústria de asas rotativas, onde percebeu que com o redimensionamento do estoque, atividade essa fundamental no processo operacional da MCC, alinhado com as demais atividades envolvendo o plano de manutenção, foram sanados problemas relacionados a esses, com redução dessa falta de estoque, levando também melhoria a programação da manutenção.

Segundo Bastos (2019), com seu estudo de busca por um plano de manutenção em uma empresa de vinhos, no equipamento capsuladora, ele procurou evidenciar a vida útil do equipamento para ter o mínimo de paradas imprevisíveis possível, consequentemente buscando a retração do número de falhas. Onde esse, foi acompanhado pelo papel da MCC, que foi imprescindível para alcançar as respostas, como o uso devido de dispositivos de observação e de indicadores, acompanhados pelo suporte de base de dados, para que com isso pudesse prever falhas e obter seus menores índices. Conforme afirma e acrescenta, Fogliatto e Ribeiro (2011), onde indicadores acompanhados de metas, são alicerces na gestão do programa de MCC, no quais quando os indicadores são definidos com relevância, então as metas são traçadas, de maneira a buscar desafios, mas que sejam coerentes, levando engajamento a equipe envolvida no determinado setor a atingi-la.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida visou contribuir ao meio acadêmico e profissional referente, tendo como pretensão levar entendimento sobre a metodologia da manutenção centrada em confiabilidade, norteadas aos efeitos que ela pode trazer com sua aplicação as indústrias de transformação, visto que essas ficam dependendo de suas disposições, gerenciamento, desenvolvimento sustentável e cooperação dos seus processos, devido as atuais circunstâncias do mercado econômico.

Os objetivos do estudo foram alcançados, visto que foi possível fazer uma revisão de literatura, sobre os efeitos da aplicação da manutenção centrada em confiabilidade na indústria de transformação, através de estudos teóricos sobre os conceitos e contextos da manutenção centrada em confiabilidade e da indústria de transformação, que serviram para auxiliar as comparações do antes e depois delas, facilitando então a apresentação das possíveis vantagens analisadas da aplicabilidade da manutenção centrada em confiabilidade sobre as indústrias de transformação.

Com isso, foi possível constatar que é viável trazer possíveis associações de melhorias e vantagens da aplicabilidade da manutenção centrada em confiabilidade na indústria de transformação.

Nesta presente revisão de literatura, utilizando a base de dados Google Acadêmico, e as palavras-chaves: manutenção centrada em confiabilidade e indústria de transformação, foram então selecionados 6 trabalhos acadêmicos atuais, que se relacionam com o objetivo proposto: Campos e Moura (2019), Barbosa et al. (2019), Meneghini e Zaions (2019), Monfradini (2019), Correia (2019) e Bastos (2019).

Realizando análise dos temas dos principais resultados dos trabalhos acadêmicos vistos, foram encontradas duas subdivisões para as temáticas, a primeira se deu pelos aspectos do ambiente e a segunda pelos aspectos no âmbito geral. Onde na primeira foi averiguado a diversidade de aplicação da metodologia da manutenção centrada em confiabilidade, e na segunda a gama de benéficos que foram alcançados com as suas aplicações. Conforme aos aspectos do ambiente, foi notada a vasta variedade de aplicação nas indústrias de transformação e nos mais variados equipamentos.

Nos aspectos de âmbito geral, foi perceptível a importância da manutenção centrada em confiabilidade na resolução de ocorrências de uma maneira geral, de

produtos à processos das referidas empresas, trazendo ao produto final, qualidade e competitividade ao mercado em que se enquadra, observando que a manutenção centrada em confiabilidade é de fundamental necessidade e utilidade nos processos de atualização de plano de manutenção das indústrias de transformação que a envolvem e também nos seus colaboradores no contexto geral, identificando que ela pode ser executada nos mais variados níveis de operação e de plantas industriais.

Assim, conclui-se que esse estudo contribui para o atual momento que a indústria de transformação vem passando, como visto anteriormente, um mercado cada vez mais conduzido pela competitividade em que só quem sobrevive é quem se adequa a fatores de concorrência, como demanda de produtos com qualidade e serviços que tragam resultados, sendo assim a manutenção centrada em confiabilidade é de grande relevância nesse contexto, como também se tem notado o elevado grau de automatização das organizações, ela se torna fator de vantagem competitiva e gestão no âmbito do setor de indústrias de transformação.

Diante de tais considerações, recomenda-se para trabalhos futuros um maior aprofundamento sobre as ferramentas utilizadas nos processos de manutenção que envolvem a manutenção centrada em confiabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, J. S.; LUCENA, C. A. O processo histórico da industrialização brasileira e a educação profissional: as inovações tecnológicas e a formação dos trabalhadores. In: Seminário Nacional de Estudos e Pesquisas História, Sociedade e Educação no Brasil, 7., 2006, Campinas. **Seminário...** Campinas: Unicamp, 2006. v. 2. p. 1-20. Disponível em: <http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario7/TRABALHOS/J/Janio%20de%20souza%20alcantara.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.
- ALVES, Giovanni. **O novo (e precário) mundo do trabalho**: Reestruturação produtiva e crise do sindicalismo. São Paulo: Boitempo, 2000.
- ASSIS, Marisa de. **O mundo do trabalho**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, 1999.
- AVELINO, A. C.; SALVAGNI, R. B. **Qualidade no processo de produção** - Um modelo de gestão para garantir a qualidade de acabamento das carrocerias em chapa na linha de produção. 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BASTOS, M. E. S. **Um plano de manutenção de uma capsuladora de garrafas em uma vinícola**. 2019. 25f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/206426>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- BARBOSA, Ana Cecília Lara et al. **Manutenção centrada em confiabilidade**: estudo de caso em uma metalúrgica. Governador Valadares, out. 2020. Disponível em: <<https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo/2a347d754cc5613ae266d2596c538e2f8b72ec39-arquivo.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- CAMPOS, L. A.; MOURA R. A. **Aplicação da técnica de manutenção centrada em confiabilidade**, como metodologia na manufatura subtrativa de usinagem em cilindros. São José dos Campos, out. 2020. Disponível em: <<https://publicacao.cimatech.com.br/index.php/cimatech/article/view/230/51>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- CZADOTZ, Arthur Rampazzo. **Implementação da manutenção centrada na confiabilidade em um moinho de trigo**. 2019. 68f. Monografia (Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Coordenação de Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2019. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15501/1/GP_COEME_2019_02_07.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.
- CORREIA, A. P. R. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**: um estudo de caso. 2019. 68f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/xmlui/handle/ri/17967>>. Acesso em 13 jun. 2020.

DICIO, D. O. P. **Assegurar**. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/>>. Acesso em: 06 jun. 2020

DUTRA, Jhonata Teles. **PCM 4.0 Planejamento e Controle de Manutenção na Indústria 4.0**. Brasília: Engeteles, 2017. Disponível em: <[https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/41235/1512051910PCM_4.0 - Planejamento e Controle de Manuteno na Indstria 4.0.pdf](https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/41235/1512051910PCM_4.0_-_Planejamento_e_Controle_de_Manutencao_na_Industria_4.0.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2020.

FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM). **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 175-197, jul. 2012. Disponível em: <<https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/735/452>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAMONICA, M. T.; FEIJÓ. Indústria de transformação e crescimento: uma interpretação para o desempenho da economia brasileira nos anos 1990 e 2000. **RET**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 20-40, jan./mar 2013. Disponível em: <<http://www.icad.puc-rio.br/cfeijo/pdf/30662-115604-1-PB.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2020.

MARQUETTI, A. A. Progresso técnico, distribuição e crescimento na economia brasileira: 1955-1998. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 103-124, jan./mar. 2002. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ee/article/view/117750/115403>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

MENEGHINI, C.; ZAIONS, D. R. A manutenção centrada em confiabilidade aplicada a um sistema de embalagem de presunto de uma indústria alimentícia. **Brazilian Journals of Business**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 1197-1206, jul./set. 2019. Disponível em: <<http://www.brazilianjournals.com/index.php/BJB/article/view/3928/3711>>. Acesso em: 13 jun. 2020.

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; NETO, O. C.; GOMES, R.; **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21 ed. Petrópolis: Vozes Limitada, 2011. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/franciscovargas/files/2012/11/pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MONDINI, C. L. et. al. Impacto do planejamento de compras no desempenho financeiro da indústria de transformação do Brasil. **REAd**, Porto Alegre, n. 80, p. 113-140, jan./abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-23112015000100113&script=sci_arttext&lng=pt>. Acesso em: 28 mai. 2020.

MORCEIRO, P. **Indústria atinge menor nível histórico: 10,4% do PIB no 1 Tri de 2019**. Disponível em: <https://valoradicionado.wordpress.com/2019/05/30/industria->

[atinge-menor-nivel-historico-104-do-pib-no-1o-tri-de-2019/](#)>. Acesso em: 03 jun. 2020.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. 2. ed. São Paulo: Aladon Ltd, 2000. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/22688141/rcm-ii-john-moubray>>. Acesso em: 27 mai. 2020.

MONFRADINI, Luiz Claudio. **Análise de Confiabilidade na Manutenção de Forno Elétrico**. 2019. 41 f. Especialização (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14375/1/CT_CEECVIT_II_2019_2_2.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2020.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1994.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, n. 2, p. 219-232, abr./jun. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572010000200003#:~:text=O%20conceito%20%22cl%C3%A1ssico%22%20de%20%22,de%20um%20pa%C3%ADs%20ou%20regi%C3%A3o. Acesso em: 03 jun. 2020.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

PERES, C. R. C. **Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados**. 2006. 122f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

RIBEIRO, Egberto Turato. Introdução à metodologia da pesquisa clínico-qualitativa definição e principais características. **Revista Portuguesa de Psicossomática** 2. Porto, v. 2. n. 1, p. 93-98, jan./jun. 2000. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/287/28720111.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para implementação da manutenção centrada na confiabilidade**: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy. 2009. 342f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, L. V. **Uso da manutenção centrada em confiabilidade em indústrias de asas rotativas**. 2019. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal De Itajubá, Itajubá, 2019. Disponível em: < https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2112/Disserta%c3%a7%c3%a3o_2020022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 jun. 2020.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2001. Disponível em: < [https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia de pesquisa e elaboracao de teses e dissertacoes 4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf) >. Acesso em: 30 jun. 2020.

SINGER, Paul. **A formação da classe operária**: o que é classe operária? A classe operária no Brasil: a sua formação e reprodução. São Paulo: Atual 1985.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implantação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, M. P. **Sexualidade do Idoso**: uma revisão sistemática da literatura. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem Psiquiátrica) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

SPERANDIO, Daniele Spadotto (Org.) et al. **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos do IFPI**. Teresina: IFPI, 2017.

TASTCH, D. M. **Metodologia da manutenção centrada na confiabilidade aplicada em uma máquina de montar pneus**. 2010. 31f. Monografia (Diploma de Engenheiro Mecânico) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 1. ed. Belo Horizonte: EDG, 1998.