



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PÂMELA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS EM DECORRÊNCIA DA OPERAÇÃO DE
UMA INDÚSTRIA CERÂMICA**

SUMÉ – PB

2018

PÂMELA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS EM DECORRÊNCIA DA OPERAÇÃO DE
UMA INDÚSTRIA CERÂMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Produção, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande como requisito parcial para obtenção ao título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Batista Schramm

SUMÉ – PB

2018

O482a Oliveira, Pâmela Caroline Silva de.

Análise dos modos de falhas em decorrência da operação de uma indústria cerâmica. / Pâmela Caroline Silva de Oliveira. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

43 f.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Batista Schramm.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Engenharia de Produção. 2. Indústria de cerâmica. 3. Estratégia de Manutenção Planejada. I. Título.

UFCG/BS

CDU: 621.9 (043.1)

PÂMELA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS EM DECORRÊNCIA DA OPERAÇÃO DE
UMA INDÚSTRIA CERÂMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Produção, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande como requisito parcial para obtenção ao título de Bacharel em Engenharia de Produção, sob orientação da profa. Dra. Vanessa Batista Schramm.

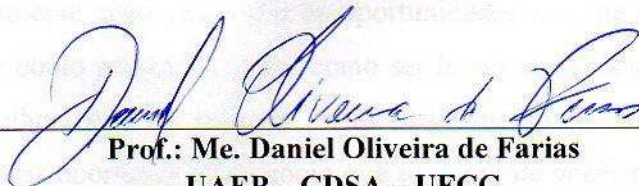
BANCA EXAMINADORA



Profa.: Dra. Vanessa Batista Schramm
Orientadora (UAEP – CDSA – UFCG)



Profa.: Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias
UAEP – CDSA – UFCG
Examinador-01



Prof.: Me. Daniel Oliveira de Farias
UAEP – CDSA – UFCG
Examinador-02

Aprovado com nota igual a 8,8 em Sumé – PB, 22 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar tantas oportunidades na vida e por ter me apresentado com pais tão maravilhosos a quem dedico todos os meus esforços para chegar até aqui, em especial à minha mãe Maria do Socorro Silva que nunca hesita quando o assunto refere-se aos meus estudos, à você minha velha, agradeço imensamente por todo o apoio para que eu concluísse mais essa etapa da minha vida. Obrigada também à Patrícia Sanchez por sua grande amizade e carinho, e por todo o apoio e ajuda desde que Deus te colocou em minha vida como minha mãe fora do Brasil. Agradeço também à minha madrinha Aida e minha tia Janeide pelas palavras de apoio em momentos difíceis e por sempre me manter em suas orações.

À Manoel Amaro Neto e Alex (Leleo) por todas as oportunidades concedidas à mim na Cerâmica Heitor Petronilo, lugar onde considero minha segunda faculdade. Me falta palavras e maneira para dizer o quão grata sou por todo o crescimento que tive graças à vocês, vocês são meus exemplos de profissionais, espero algum dia em minha vida poder ter metade do conhecimento e da humildade que vocês dois tem. À vocês deixo o meu imenso obrigada.

Agradeço à minha orientadora Vanessa Batista Schramm, por apoiar e ajudar na realização desse trabalho e principalmente pela paciência durante a realização do mesmo. Obrigada não apenas pela ajuda direcionada a esse trabalho, mas por também contribuir para minha vida profissional com seus conhecimentos repassados ao longo de todos esses anos de graduação.

Também agradeço à professora Cecir por todo o apoio ao longo dos meus seis anos no CDSA, serei eternamente grata por todas as oportunidades que me concedeu pois elas me fizeram amadurecer como pessoa e crescer como ser humano, ajudando-me a buscar sempre ser uma pessoa melhor. Aos professores Paulo Medeiros, Hugo Moraes, Almir Gomes e Fabiana Pimentel pelas oportunidades e apoio que cada um de vocês me deu ao longo desses anos. Agradeço também à todos os professores do CDSA que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico.

Não poderia deixar de agradecer aos presentes que o CDSA me deu: Karelle Aragão, Elton César, Danielly Francis, Luan Lima e Antônio Carlos Vaz, vocês também são responsáveis por não me deixar desistir e por todo o apoio para conseguir concluir esse curso (às vezes por livre e espontânea pressão) e por me incentivar a buscar alçar voos cada vez mais altos e crer que o mundo é pequeno demais para nós quando temos a vontade e atitude de sair de nossa zona de conforto. Agradeço à Fernanda Guilhermine, Geiza Mariana e

Adriano Matos, meus companheiros de inúmeros “viotes” acompanhados de cuscuz, pão e café para tentar entender cálculos e tabelas que ninguém conseguia entender. À Yasmim Azevedo, Leticia, Biraine, Eduina, Emanuele Cardoso, Gersia, Augusto Rodrigues, Rubinho, Thyago Dias, Denia, Daniel, Janneally e Vinicius Simplicio por terem colaborado comigo ao longo desses seis (estendidos) anos de graduação. E por fim, aos que sempre me acompanharam de longe, desde antes do meu ingresso na universidade e que nunca deixaram de torcer por mim: Anderson (Cincho), Andrea Pereira, Juninho, Fernanda Valentim, e em especial à Roberlandio (Sampa) por me apoiar e me incentivar ainda mais nessa fase final.

À todos, inclusive à quem não foi citado mas que fez parte e me ajudou nesses seis longos anos de universidade, eu deixo o meu mais sincero obrigada.

“Porque aos seus anjos dará ordem a teu respeito, para te guardarem em todos os teus caminhos. Eles te sustentarão nas suas mãos, para que não tropeces com o teu pé em pedra.”

(Salmos 91: 11-12)

RESUMO

Uma área estratégica que influencia as indústrias do setor privado a tornarem-se competitivas frente a um mercado cada vez mais exigente é a gestão da manutenção de máquinas e equipamentos, sendo esta um fator-chave para a competição entre as indústrias. A falta de gestão da manutenção acarreta em paradas não programadas da linha de produção para a realização de manutenções corretivas para que as máquinas voltem a funcionar e sigam produzindo, porém essas paradas utilizam do tempo disponível para produção, assim como afetam os custos das empresas. Diante desses fatores, e tendo em vista as dificuldades encontradas por gerentes de pequenas e médias empresas para implantação de gestões da manutenção eficientes, buscou-se elaborar para uma microempresa de indústria cerâmica localizada no Seridó potiguar um plano de ação com base nas premissas da MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade), que busca desenvolver uma estratégia de manutenção planejada com o intuito de aumentar a disponibilidade das máquinas assim como a sua segurança, sem interferir nos custos. Para isso foram utilizadas ferramentas como gráfico de Pareto, e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) com a finalidade de analisar de forma mais abrangente as paradas não programadas ocorridas durante o período de análise e os riscos de cada uma delas.

Palavras-chave: Indústria cerâmica. Análise de falhas. MCC. FMEA.

ABSTRACT

One strategic area that influences private sector industries to become competitive in the face of an increasingly demanding market is plant and equipment maintenance management, which is a key factor for competition between industries. The lack of maintenance management entails unscheduled downtime from the production line to perform corrective maintenance to keep the machines running and continue to produce, but these shutdowns use the time available for production as well as affect companies' costs. Given these situations, and in view of the difficulties encountered by managers of small and medium-sized companies for the implementation of efficient maintenance management, we sought to prepare for a micro-enterprise of the ceramic industry sector located in the Seridó region of Rio Grande do Norte State an action plan based on the premises of RCM (Reliability Centered Maintenance), which seeks to develop a planned maintenance strategy in order to increase the availability of machines as well as their safety, without interfering in costs. For this, tools such as Pareto diagram and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) were used in order to analyze in a more comprehensive way unscheduled downtime that occurred during the analysis period and the risks of each one of them.

Keywords: Ceramic industry. Failure analysis. RCM. FMEA.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC - Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

FMECA - *Failure Mode Effects & Criticality Analysis*

MCC - Manutenção Centrada na Confiabilidade

NBR – Norma Brasileira

RPN – Número de Prioridade de Risco

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gerações das técnicas de Manutenção.....	20
Figura 2 - Gráfico de Área	25
Figura 3 - Fluxograma do processo produtivo	27
Figura 4 - Controle de produção da empresa	29
Figura 5 - Diagrama de Pareto referente às paradas sofridas pela linha de produção....	31
Figura 6 - Diagrama de Pareto referente às paradas para Manutenção Corretiva com relação ao tempo (em segundos)	33
Figura 7 - Gráfico de Área das falhas.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação entre manutenção tradicional e MCC	21
Quadro 2 - Descrição de Avaliação de Detecção	34
Quadro 3 - Descrição da Avaliação de Severidade	34
Quadro 4 - Descrição de Avaliação de Ocorrência	35
Quadro 5 - Análise FMEA	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mecanismos causadores de falhas.....	32
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	17
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	17
2.3	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	19
2.4	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE.....	20
2.4.1	Análise FMEA	23
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	26
3.1	AMBIENTE ESTUDADO	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	LEVANTAMENTO DAS PARADAS DE PRODUÇÃO NÃO PROGRAMADAS	30
4.2	ANÁLISE FMEA	31
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parte da cerâmica vermelha é produzida por empresas de pequeno e médio porte. Atendendo a construção civil em geral, as empresas encontram-se distribuídas por todo o país e estão localizadas nas regiões onde há maior disponibilidade de matéria-prima e proximidade dos mercados consumidores (SEBRAE, 2017). De acordo com Oliveira (2011), as regiões Nordeste, Sul e Sudeste apresentam um considerável índice de desenvolvimento da indústria cerâmica, segundo a Associação Brasileira de Cerâmica – ABC. A região do Nordeste tem apresentado crescente desenvolvimento, impulsionado por outros setores como indústria e turismo.

Ainda Segundo Oliveira (2011), apenas o estado do Rio Grande do Norte conta com mais de 200 indústrias cerâmicas vermelhas produzindo telas, tijolos e lajotas (esta última em menor escala), as quais encontram-se distribuídas, principalmente, nos polos do Vale do Assu, da Grande Natal e do Seridó. Devido ao grande número de empresas do mesmo setor na região, a competitividade é bastante acirrada. Assim, passa a ser mais competitiva a empresa que aperfeiçoar seus processos para aumento de produtividade a baixos custos e melhor utilização dos recursos produtivos (máquinas, mão de obra, entre outros).

Uma área estratégica que pode ser trabalhada para aumento da competitividade é a gestão da manutenção de máquinas e equipamentos. Segundo Monchy (1989) apud Wyrebski (1997), a manutenção é um fator-chave para a competição entre as indústrias. A gestão da manutenção traduz-se, em termos práticos, pela realização das reparações e recondiçionamentos necessários para compensar a deterioração e os desgastes provocados pelo movimento relativo das peças, pela oxidação ou perda de funções dos equipamentos, materiais ou seus elementos protetores e pela tomada de decisões relativas aos investimentos necessários, seja para sua reabilitação seja para sua condenação ou substituição por novo (Cabral, 2006). O autor acrescenta que a boa manutenção consiste em assegurar todas essas operações a um custo global otimizado.

A manutenção evoluiu ao longo dos anos (Siqueira, 2012). Na primeira geração (1940 - 1950), era exigido apenas que os equipamentos fossem restaurados quando apresentassem defeitos e, conseqüentemente, havia pouco planejamento, limitando-se a tarefas preventivas e corretivas para reparação de falhas. Na segunda geração (1950 - 1975), com a disseminação das linhas de produção contínuas, as indústrias passaram a se preocupar com a disponibilidade e vida útil dos equipamentos e, com isso, surgiram as técnicas de manutenção preventiva, orientadas para a minimização dos impactos das falhas, dentre elas as

técnicas de manutenção preditiva. Depois desse período, a elevação dos custos de mão de obra e de capital, associados à concorrência em escala mundial, conduziram à prática do dimensionamento de equipamentos no limite das necessidades dos processos, aumentando a importância da manutenção; a consequência disso foi a necessidade de equipamentos com maior disponibilidade, confiabilidade e vida útil, maior qualidade dos produtos, maior segurança para usuários do processo e do produto, e preocupação com meio ambiente.

Os requisitos da terceira geração motivaram o desenvolvimento da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). A missão da manutenção sob a perspectiva da MCC é mais abrangente que aquela prevista no conceito tradicional de manutenção: preservar as funções do equipamento com a segurança requerida; restaurar a confiabilidade e segurança do equipamento, após a sua deterioração; otimizar a disponibilidade do equipamento; minimizar o custo do ciclo de vida (LCC – *Life Cycle Cost*); atuar conforme os modos de falhas; realizar apenas as atividades que precisam ser feitas; agir em função dos efeitos e consequências da falha; e documentar as razões para as atividades escolhidas (Lafraia, 2001; Siqueira, 2012).

O objetivo deste trabalho é implantar a gestão da manutenção, baseado nas premissas da MCC, em uma indústria cerâmica de pequeno porte, que produz de telhas e tijolos na região do Seridó do Rio Grande do Norte.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo dados da Anicer (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), em 2008 existiam cerca de 5.500 empresas, entre cerâmicas e olarias, sendo responsáveis por mais de 400 mil empregos diretos, 1,25 milhões indiretos e gerando um faturamento anual de R\$ 6 bilhões, o que corresponde a algo em torno de 4,8% do faturamento da indústria da construção civil. Já a ABC (Associação Brasileira de Cerâmica) considera que existam 11.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo país, empregando cerca de 300 mil pessoas, e gerando um faturamento da ordem de R\$ 2,8 bilhões (Sebrae, 2008). O motivo dessa diferença nos dados deve-se ao alto índice de informalidade existente em toda cadeia de construção civil do país, o que dificulta uma maior precisão nos dados do setor.

O Estado do Rio Grande do Norte possui atualmente três grandes polos de cerâmica estrutural para a produção de tijolos, telhas, blocos, lajotas, etc., sendo os principais fornecedores de insumos básicos para o setor da construção civil. Estes polos absorvem um contingente significativo de mão-de-obra, gerando mais de 8000 empregos diretos e beneficiando cerca de 37500 pessoas indiretamente (CARVALHO, 2001). Ainda segundo

este autor, na região do Seridó concentra-se a maior parte das indústrias, somando mais de 70 empresas, cada uma empregando, em média, 40 funcionários, totalizando cerca de 3000 empregos diretos.

Com base nos dados apresentados, observando-se a quantidade significativa de empresas do mesmo setor na região, viu-se necessário o estudo e implantação da gestão da manutenção em uma empresa cerâmica do Seridó potiguar com o intuito de torna-la mais competitiva.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 **Objetivo Geral**

Analisar os modos de falha decorrentes de paradas não programadas na linha de produção de uma indústria de cerâmica vermelha de pequeno porte, produtora de telhas e tijolos na região do Seridó do Rio Grande do Norte.

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Caracterização do processo produtivo da empresa;
- Realizar um diagnóstico do processo produtivo e levantar as paradas de produção não programadas ocorridas no processo;
- Realizar uma análise de falhas para as máquinas do processo;

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentado o referencial teórico; na Seção 3 encontra-se a metodologia aplicada para a realização do estudo; na seção 4 são apresentados os resultados dos dados coletados e propostas feitas para futura implantação na empresa; e na seção 5 são apresentadas as conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta o referencial teórico referente à manutenção industrial.

2.1 DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO

Segundo Marquez (2007), a manutenção é definida como um conjunto de ações técnicas, administrativas e de gestão sobre a vida útil de um ativo, a fim de mantê-lo, ou recuperá-lo, em uma condição em que o mesmo possa realizar a atividade esperada para produzir um determinado produto ou serviço.

A gestão da manutenção é definida por Marquez (2007) como sendo todas as atividades de gestão que determinam a manutenção ou objetivos ou prioridades (definidas como metas atribuídas e aceitas pelo departamento de gestão e manutenção), as estratégias (definidas como um método de gestão a fim de alcançar os objetivos de manutenção), e as responsabilidades de implementá-las como um controle de manutenção, supervisão e vários métodos de melhoramento, incluindo aspectos econômicos da organização.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma NBR 5462 (ABNT, 1994) delibera o termo “manutenção” como a união de todas as ações técnicas e administrativas, abrangendo as de supervisão, designadas a sustentar um item em um estado no qual possa exercer uma função exigida. “Item” é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser avaliado individualmente.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser classificada em: (i) corretiva e (ii) preventiva.

A manutenção corretiva corresponde a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (NBR 5462, 1994). Segundo Viana (1991) apud Wyrebski (1997), é o trabalho existente para corrigir falhas devido à deterioração ou aos desgastes de equipamentos ou máquinas. Ribeiro (2003) afirma que a ação principal na manutenção corretiva é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. A manutenção corretiva, por sua vez, pode ser dividida em duas classes: (i) manutenção corretiva não-planejada; e (ii) manutenção corretiva planejada.

A manutenção corretiva não planejada é caracterizada pela realização da manutenção em algo já ocorrido, podendo ser uma falha ou desempenho menor que o esperado (KARDEC, 1999). Segundo Ribeiro (2003), esse tipo de manutenção normalmente implica altos custos, pois a quebra inesperada pode gerar perdas na qualidade do produto e altos custos indiretos de manutenção. O autor ainda afirma que as quebras aleatórias podem ter consequências muito graves para o equipamento, podendo ocasionar uma maior extensão dos danos.

A manutenção corretiva planejada é a correção de falha ou desempenho menor do que o esperado, porém de forma planejada. Segundo Ribeiro (2003), o trabalho planejado é mais barato, rápido e seguro, sempre obtendo mais qualidade. Para Kardec (1999), a adoção da manutenção corretiva planejada pode resultar de fatores como: possibilidade de compartilhar a necessidade da intervenção com interesses da produção; aspectos ligados à segurança, como por exemplo, a falha não provocar qualquer situação de risco ao pessoal ou à instalação; melhor planejamento de serviços; garantir a existência de sobressalentes, equipamentos e ferramentas; existência de recursos humanos com tecnologia necessária para executar os serviços com qualidade suficiente, podendo ser buscados externamente à organização.

A ABNT na NBR 5462 (1994) define a manutenção preventiva como sendo a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritivos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item, correspondendo às atividades ou ações desempenhadas de forma planejada, periódica ou associada a uma programação específica, em intervalos pré-determinados, com a finalidade de manter um item/equipamento em condições de trabalho através de processo de verificação e recondicionamento, sendo realizada antes da ocorrência de falhas e quebras com o objetivo de eliminar ou minimizar as mesmas (DHILLON, 2002; SLACK et al., 2008). A manutenção preventiva pode ser dividida em: (i) sistemática; e (ii) condicional, também conhecida como manutenção preditiva.

A manutenção preventiva sistemática é uma atividade de manutenção planejada que requer a intervenção na máquina/equipamento e a aplicação de materiais a partir do conhecimento do comportamento do sistema ao longo do tempo, obtido através das recomendações do fabricante e com a manutenção preventiva condicional (KARDEC, 2013).

A manutenção preventiva condicional, ou manutenção preditiva, tem o objetivo de prever estado dos equipamentos por meio de monitoramento de parâmetros do sistema, obedecendo a uma sistemática (MOBLEY, 1990; PINTO e XAVIER, 1999; RIBEIRO, 2006).

Segundo Viana (2002), isso ajuda na definição do tempo correto da intervenção. A manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço esperado, fundamentado na aplicação sistemática de técnicas de análise, aplicando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR 5462, 1994).

Na manutenção preditiva, o monitoramento pode ser feito de três formas: monitoramento subjetivo e monitoramento objetivo.

O monitoramento subjetivo consiste em monitorar os equipamentos a partir da utilização dos sentidos humanos (tato, olfato, visão e audição) por parte do pessoal da manutenção. Neto (2006) afirma que a partir da manutenção preditiva subjetiva é possível detectar nos equipamentos falhas de fácil resolução no estágio da gravidade em que se encontra, a partir da observação de certas características dos equipamentos, como: ruído, temperatura, condições de conservação, vibração.

Já o monitoramento objetivo é o acompanhamento feito através de equipamentos ou instrumentos específicos. Segundo Nascif (2009), o monitoramento objetivo pode ser classificado em: (i) monitoramento contínuo, adotado em equipamentos de alta responsabilidade ou em situações onde o tempo de desenvolvimento do defeito é muito curto; (ii) monitoramento pontual, onde o defeito pode ser acompanhado ou a falha não atinge a continuidade da operação. De acordo com Viana (2002), as técnicas mais utilizadas nas empresas brasileiras são: análise de vibrações mecânicas, ensaio por ultrassom, análise de óleo lubrificante e termográfica.

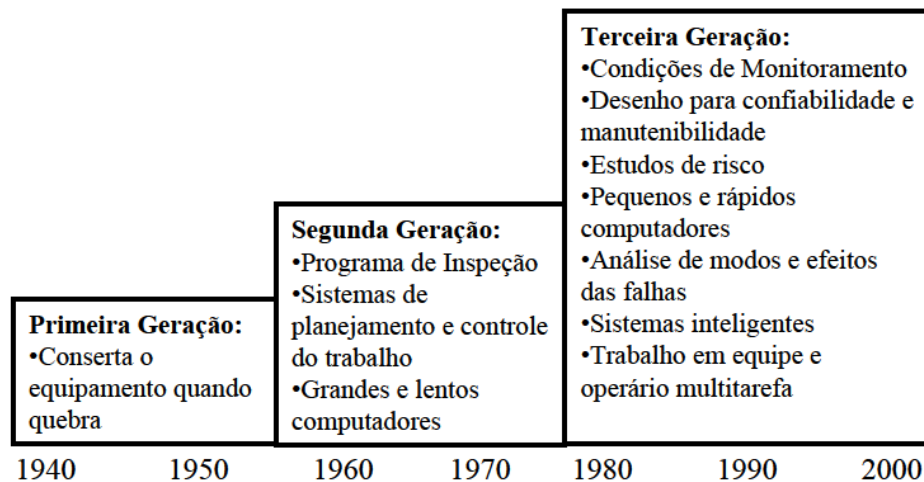
2.3 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Conforme Wyrebski (1997), a manutenção teve início no século XVIII com o aparecimento das primeiras máquinas a vapor. Quem projetava as máquinas apenas intervinha em último caso, sendo o próprio operador o mantenedor do equipamento. Com o objetivo de manter o bom funcionamento da máquina ou de qualquer outro dispositivo de trabalho, é que houve uma evolução da manutenção. A evolução da manutenção dá-se a partir das necessidades encontradas pelas indústrias ao longo do tempo, e divide-se em três gerações.

Na primeira geração, com vigência antes da segunda guerra mundial, os consertos e/ou reparos eram simples e a sistemática da manutenção não passava de limpezas superficiais e rotinas de lubrificação. A segunda geração desenvolveu-se no pós-guerra quando as indústrias tornaram-se mais complexas, nesse contexto surgiu a manutenção preventiva, com

o objetivo de melhorar a confiabilidade e a qualidade dos equipamentos. A terceira geração surgiu na década de 1980 transformando as indústrias em gerenciadoras de seus equipamentos, proporcionando baixos custos de manutenção, diminuição das quebras do equipamento, aumento da produtividade e da qualidade dos produtos (MOUBRAY, 1997). A Figura 1 apresenta a evolução das técnicas de manutenção com o passar dos anos:

Figura 1 - Gerações das técnicas de Manutenção



Fonte: Adaptado de Moubray (2007)

Segundo Moubray (1997), na terceira geração, os sistemas começaram a ser projetados para trabalhar com uma maior precisão, sendo dimensionados nos limites operacionais, aumentando a importância da disponibilidade e confiabilidade, com o objetivo de elevar o padrão de qualidade e produtividade. O autor ainda cita três fatores principais para o surgimento da terceira geração: (i) novas expectativas dos equipamentos, (ii) novas pesquisas e (iii) novas ferramentas e técnicas de manutenção. É nesse contexto que foi desenvolvida a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), que é apresentada na seção a seguir.

2.4 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), do inglês *Reliability Centered Maintenance* (RCM), é uma abordagem criada no final da década de 60, inicialmente orientada para a indústria aeronáutica, com o objetivo de direcionar os esforços da manutenção, para componentes e sistemas onde a confiabilidade é fundamental. Seu principal

objetivo é garantir o desempenho, a segurança e preservação do ambiente a um melhor custo-benefício (MOUBRAY, 1997; WANG e HWANG, 2004; SIQUEIRA, 2009). Para Smith e Hinchcliffe (2004), o principal motivo por trás do desenvolvimento da MCC foi a necessidade de desenvolver uma estratégia de manutenção planejada para abordar adequadamente a disponibilidade do sistema e sua segurança, sem elevação dos custos.

Garza (2002) afirma que além da introdução de novos conceitos, a MCC apresenta um novo foco para a manutenção em relação ao modelo tradicional, embasando as suas ações em novos objetivos. O Quadro 1 apresenta as principais expectativas da manutenção na MCC e no modelo tradicional:

Quadro 1 - Comparação entre manutenção tradicional e MCC

Características	Manutenção Tradicional	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Falhas	Consequências das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Fonte: Siqueira, Iony P. (2009)

Baran (2011) explica que, tomando como base essas expectativas, a MCC determina a estratégia eficaz de manutenção visando evitar ou reduzir as consequências e efeitos significantes de uma falha, priorizando as necessidades do processo de produção e não do componente ou equipamento de maneira isolada. O autor acrescenta que o objetivo da implantação do MCC é otimizar o programa de manutenção garantindo as expectativas ligadas a ele.

A metodologia MCC procura responder sete questões apresentadas de forma sequencial sobre o sistema ou processo em análise (BACKLUND, 2003; MOUBRAY, 1997): (1) Quais funções devem ser preservadas?; (2) Quais as falhas funcionais?; (3) Quais os modos de falha?; (4) Quais os efeitos da falha?; (5) Quais as consequências da falha?; (6) Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?; e (7) Quais as alternativas restantes?

Os resultados esperados podem ser sintetizados em: redução das atividades de manutenção, otimização do planejamento da manutenção, aumento da produtividade, aumento da segurança humana e ambiental, redução dos custos com manutenção, materiais e operação e redução dos riscos (MOUBRAY, 1997). Leverette (2006) afirma que estes resultados dependem dos objetivos da sua implantação, dos recursos (tempo, mão-de-obra física e técnica) aplicados e do compromisso da organização durante sua execução.

Segundo Smith e Hinchcliffe (2004), antes de implantar a MCC em um determinado sistema, deve ser estabelecido o nível de detalhamento da análise (sistema, subsistemas, componentes, etc.) e os critérios considerados na seleção de um sistema em detrimento de outros. Para isso, os autores recomendam utilizar a regra “80/20” (Diagrama de Pareto) para identificar quais os 20% (sistema, subsistemas, componentes, etc), que estão impactando o processo.

Após a seleção do sistema, deve-se realizar uma coleta de informações sobre o sistema selecionado, que servirá de base para a implantação da MCC (BARAN, 2011). Para isso, podem ser utilizados: manuais e demais instruções de operação, padrões de desempenho, especificações de projeto, manuais de fornecedores, dados de falhas, requisitos de manutenção, diagramas de funcionamento e esquemas técnicos da instalação (elétrico, mecânico, instrumentação, esquemático, blocos, etc.) incluindo suas interfaces com outros sistemas (NAVSEA, 2007; SMITH e HINCHCLIFFE, 2004).

O processo de implantação propriamente dito contempla as seguintes etapas (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; SMITH e HINCHCLIFFE, 2004):

- Etapa 1 - Identificação das Funções do Sistema;
- Etapa 2 - Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- Etapa 3 - Seleção das Funções Significantes;
- Etapa 4 - Seleção das Atividades Aplicáveis;
- Etapa 5 - Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Etapa 6 - Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas; e
- Etapa 7 - Definição da Periodicidade das Atividades.

Uma das atividades mais críticas na implantação da MCC, corresponde a análise dos modos de falhas. Moubray (1997) afirma que a identificação de todos os modos de falha do sistema possibilita prever o que acontece quando ele ocorre, avaliando o seu impacto e decidir

o que puder ser feito para antecipar, prevenir, detectar, corrigir ou até mesmo eliminá-lo. Segundo Bloom (2006) e Backlund (2003) para apoiar a análise dos modos de falhas podem ser utilizadas as ferramentas: (i) Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*); e (ii) Análise Crítica dos Modos de Falha e Efeitos (FMECA - *Failure Mode Effects & Criticality Analysis*).

O FMECA é, na verdade, a composição de duas análises: (i) uma análise FMEA; e (ii) uma Análise de Criticidade (CA). O FMEA analisa diferentes modos de falha e seus efeitos enquanto a CA prioriza o seu nível de importância com base na taxa e na gravidade do efeito da falha (TM 5-698-4, 2006). Smith e Hinchcliffe (2004) observam que o resultado da análise do FMEA possibilita o conhecimento e compreensão dos pontos fracos de um sistema (modos de falha), atuando como fonte de informação na criação de um modelo de confiabilidade e no processo de decisão das ações a serem tomadas para evitar e eliminar estes modos de falhas. A seguir é apresentada a análise FMEA.

2.4.1 Análise FMEA

O FMEA é definido como um método sistemático com foco na prevenção de falhas de um sistema, projeto e/ou processo, através de uma abordagem de identificação, frequência e impacto dos modos de falhas sobre os mesmos (BARAN, 2011).

O procedimento FMEA é uma sequência de passos lógicos, iniciando com a análise de elementos de menor nível (subsistemas ou componentes), identificando os modos de falhas potenciais e mecanismos de falha, traçando efeito dessa falha nos vários níveis do sistema (MOBLEY, 1999).

Suas análises podem ser classificadas em dois níveis, com condução de suas etapas e análises similares, sendo distintas quanto ao seu foco de aplicação (BARAN, 2011; IEC, 2006; SAE, 2000; OLIVEIRA et al., 2010):

- FMEA de Projeto ou Produto: realizado após a concepção do projeto, identificando cada componente do sistema e os possíveis modos de falha associados, bem como seus efeitos no sistema em questão e no produto como um todo.
- FMEA de Processo: análise dos sistemas de manufatura que possam inferir sobre a qualidade e confiabilidade do produto, identificando os modos de falhas do processo e seus efeitos sobre o produto.

Esta é uma ferramenta a ser aplicada em equipe para a obtenção de resultados mais precisos. É preciso definir alguns conceitos para a criação da FMEA que são: (i) modos de falha; (ii) efeitos; (iii) severidade; (iv) causas; (v) ocorrência; e (vi) detecção, que são definidos a seguir:

Modo de falha é definido na norma militar americana Mil-Std 1629A, citada por Oliveira e Diniz (2001), como a maneira pela qual a falha é observada. Já Palady (1997) amplia esta definição dizendo que modo de falha define como o projeto, processo ou serviço pode deixar de desempenhar as suas funções. A partir da caracterização da falha, na aplicação da FMEA, devem ser identificados os modos de falha (NUNES, 2001).

Para cada modo de falha são relacionadas as respectivas causas das falhas, podendo um mesmo modo de falha ter mais de uma causa. As causas identificam todas as razões que podem resultar na ocorrência do modo de falha. Já o efeito descreve as consequências de cada um dos modos de falha.

Para avaliação dos modos de falhas, geralmente, são considerados três critérios:

- Severidade: é uma avaliação normalmente medida em uma escala de 1 a 10, o número 1 indica que o efeito não é sério aos olhos do cliente ou que este talvez não o percebe. O número 10 reflete os piores efeitos resultantes do modo de falha;
- Ocorrência: é uma estimativa que pode ser baseada na experiência da equipe e em dados históricos de projetos semelhantes e é comumente realizada com base em uma escala de 1 a 10;
- Detecção: estima a chance de que o modo de falha seja repassado aos próximos clientes, normalmente, é medida em uma escala de 1 a 10.

Uma das formas de interpretar os resultados da FMEA é por meio do Número de Prioridade de Risco (RPN – do inglês *Risk Priority Number*), resultado da multiplicação da frequência (F) pela gravidade da falha identificada (G) e pela detectabilidade (D) conforme equação (1).

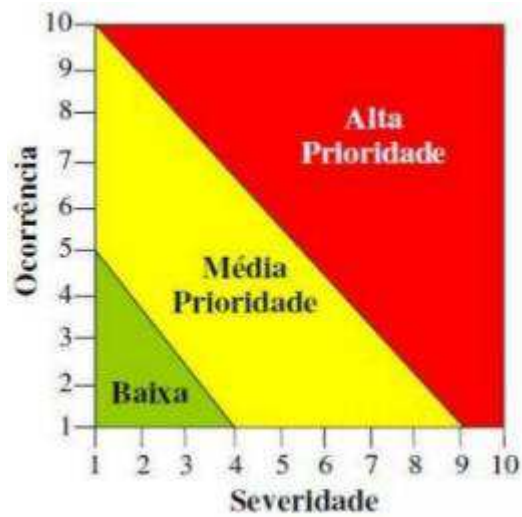
$$RPN = F \times G \times D \quad (1)$$

Quanto maior o valor de RPN, maior é o risco associado ao modo de falha correspondente, e serve para recomendações de melhorias no processo ou projeto.

O Gráfico de Áreas para interpretação da FMEA é uma metodologia proativa utilizada para separar os modos de falha identificando-os em três categorias: (i) alta prioridade; (ii) média prioridade; e (iii) baixa prioridade. Sua vantagem é analisar o risco do

modo de falha lidando apenas com as classificações de severidade e ocorrência. (PALADY, 2007).

Figura 2 - Gráfico de Área



Fonte: PALADY, 2007.

O FMEA, juntamente com a interpretação do Gráfico de Área é relevante para especificar os riscos e analisá-los aplicando, posteriormente, ações preventivas.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

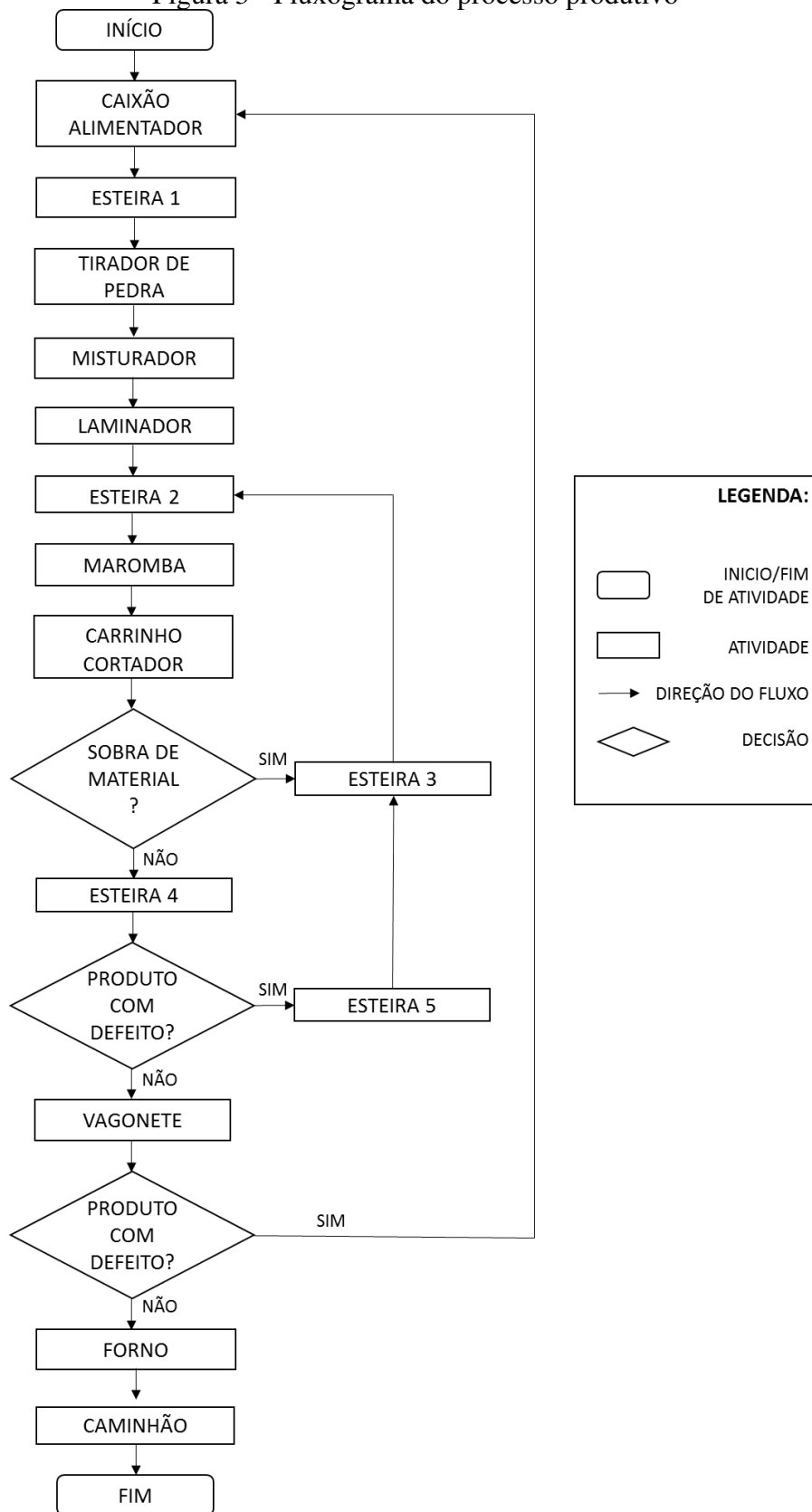
Nesta seção será apresentada a empresa alvo do estudo, bem como as etapas do trabalho.

3.1 AMBIENTE ESTUDADO

A empresa estudada está localizada na cidade de Parelhas, na região do Seridó potiguar. Atualmente, a empresa conta com 28 funcionários que desenvolvem as atividades de administração e produção. O estudo se concentrou na produção que contempla as seguintes atividades: (i) recebimento e preparação do material; (ii) alimentação do maquinário para produção; (iii) produção e modelagem do produto; (iv) secagem; (v) enformamento; (vi) queima; (vii) desenformamento; e (viii) expedição. Para realizar estas atividades, a produção conta com as seguintes máquinas: caixão alimentador; esteira 1; tirador de pedra; misturador; laminador; esteira 2; e maromba. As máquinas são organizadas nesta ordem e operam com a finalidade de transformar a argila em produtos cerâmicos (telha e tijolo) finais destinados ao comércio.

Inicialmente, foi feita uma visita as instalações do processo produtivo com o objetivo de descrever o fluxo de atividades, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autoria própria (2017)

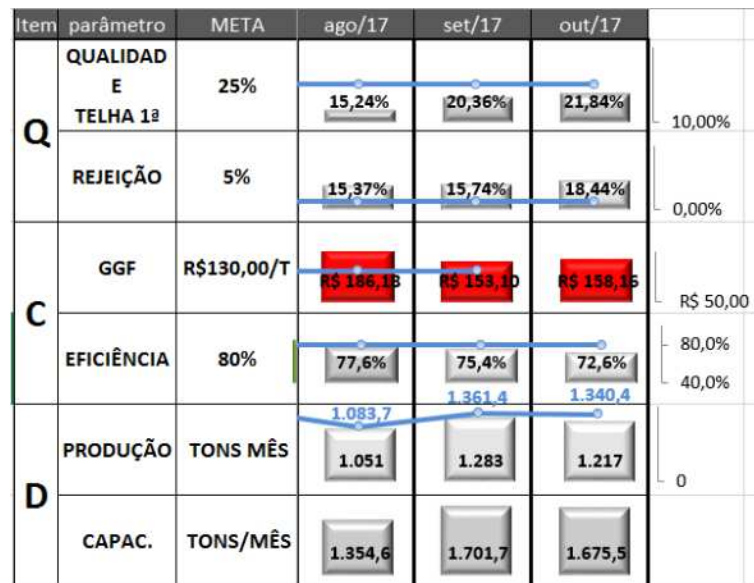
Em seguida, foi feita uma análise mais detalhada do processo. Os horários de produção vão das 06:30 às 11:00 e das 12:30 às 16:30 em dias úteis e das 06:30 às 11:00 aos sábados, com intervalos de 15 minutos pela manhã e à tarde. A capacidade de produção da empresa, considerando o maquinário atual, é de 120 telhas por minuto, possibilitando produzir até 316.800 telhas por semana, o que resulta em uma capacidade de produção mensal média de 1.578 toneladas de telhas.

A empresa realiza o controle da produção por meio do acompanhamento mensal dos seguintes aspectos: Qualidade (Q), custo (C) e entrega (D).

- Qualidade, que é medida a partir da quantidade de telhas vendidas, seu cálculo dá-se por quantidade de telhas produzidas/quantidade de telhas vendidas;
- Rejeição, que é medida a partir da quantidade de telhas produzidas subtraindo-se da quantidade de telhas vendidas;
- GGF (Gasto Geral de Fabricação), obtido a partir de custos necessários para a produção da empresa;
- Eficiência, dada pela razão entre capacidade de produção real e capacidade de produção esperada;
- Produção, é representada pela produção real da empresa, ou seja, o que ela realmente produz no mês, onde as linhas azuis representam as metas e as barras representam a quantidade produzida;
- Capacidade, obtida a partir da capacidade de produção de telhas da máquina (maromba + carrinho cortador), sendo identificada a partir de um contador de telas produzidas instalado no carrinho cortador.

A Figura 4 abaixo apresenta quantitativamente os dados referentes aos aspectos mencionados acima, referentes aos meses de agosto, setembro e outubro do ano de 2017.

Figura 4 - Controle de produção da empresa



Fonte: Dados concedidos pela empresa (2017)

As linhas azuis representam as metas estabelecidas pela empresa baseadas em históricos referentes a meses anteriores, enquanto que os retângulos, identificados por cores, representam os valores reais da produção.

A meta estabelecida para eficiência é de 80%. Esta meta não foi atingida nos meses analisado, conforme apresentado no gráfico.

Considerando os três meses analisados, e obtendo-se uma média de telhas produzidas durante esse período, tem-se que a média de produção da empresa é de 1.183 toneladas de telhas/mês, o que representa uma perda de produção de 395 toneladas de telha por mês.

Identificou-se que boa parte das perdas durante o processo estava relacionada às paradas sofridas na linha de produção. Assim, os esforços foram direcionados para estruturar a gestão da manutenção na empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LEVANTAMENTO DAS PARADAS DE PRODUÇÃO NÃO PROGRAMADAS

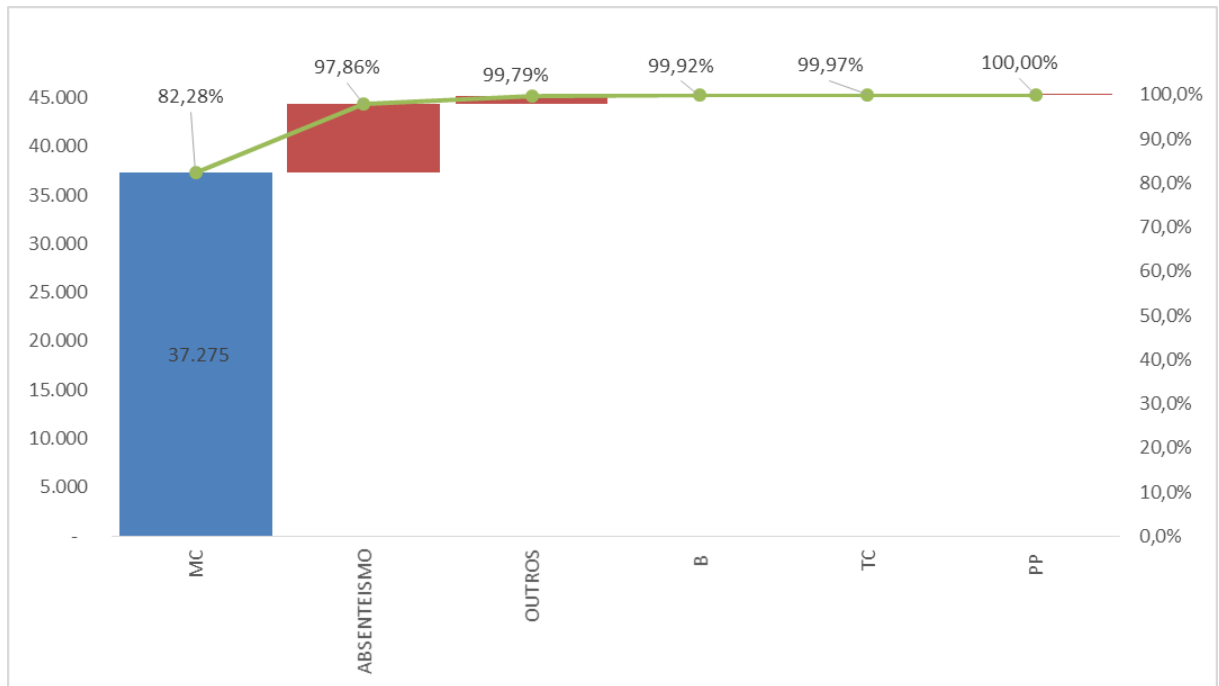
A partir de entrevistas com os colaboradores do setor de produção, foi verificado que as paradas de produção não programadas são as principais causas que contribuem para a ineficiência do processo. Assim, durante o período de 31 de outubro de 2017 a 13 de novembro do mesmo ano, foi feito um levantamento das paradas de produção não programadas ocorridas no processo em estudo. As paradas de produção não programadas são decorrentes das paradas em qualquer uma das máquinas que compõem o processo.

A partir deste levantamento, foi proposta a seguinte classificação:

- Pequenas Paradas (PP) – Paradas ocorridas em curto espaço de tempo causadas por motivos diversos não relacionados à manutenções ou presença de material indevido no material a ser processado;
- Burro (B) - Parada assim chamada pelos ceramistas por ser ocasionada pela presença, na argila, de materiais diferentes como ferro, madeira e plástico, entre outros que não façam parte da matéria prima;
- Troca de Casquilho (TC) - Parada ocasionada pela necessidade de troca de peças na máquina que dar forma à telha;
- Manutenção Corretiva (MC) – Paradas ocasionadas na produção pela necessidade de realização de manutenção corretiva no maquinário;
- Absenteísmo – Falta de funcionário, o qual acarreta na realocação de pessoal para suprir as necessidades do processo;
- e Outros.

De posse da frequência de ocorrência das paradas não programadas, de acordo com cada tipo, foi construído o diagrama de Pareto (Figura 5).

Figura 5 - Diagrama de Pareto referente às paradas sofridas pela linha de produção



Fonte: Autoria própria (2017)

A análise do diagrama possibilitou identificar que a principal causa das paradas de produção não programadas estava relacionada à paradas para a realização de manutenção corretiva, correspondendo a 82,28% das paradas ocorridas no período analisado.

Isso motivou o desenvolvimento de um plano que permitisse o planejamento das atividades de manutenção para, com isso, aumentar a disponibilidade, garantir o desempenho e a segurança do processo sem elevar os custos. O resultado deste estudo é apresentado na seção a seguir.

4.2 ANÁLISE FMEA

Inicialmente, foi feito um levantamento dos mecanismos que levaram a falhas e consequentemente a paradas para realização de manutenção corretiva (MC). Este levantamento foi feito durante o período de 13 a 17 de novembro de 2017, mas que, segundo os gestores, são representativos do que acontece ao longo de todo o ano. A Tabela 1 apresenta os mecanismos causadores de falhas e respectivos códigos de identificação.

Tabela 1 - Mecanismos causadores de falhas

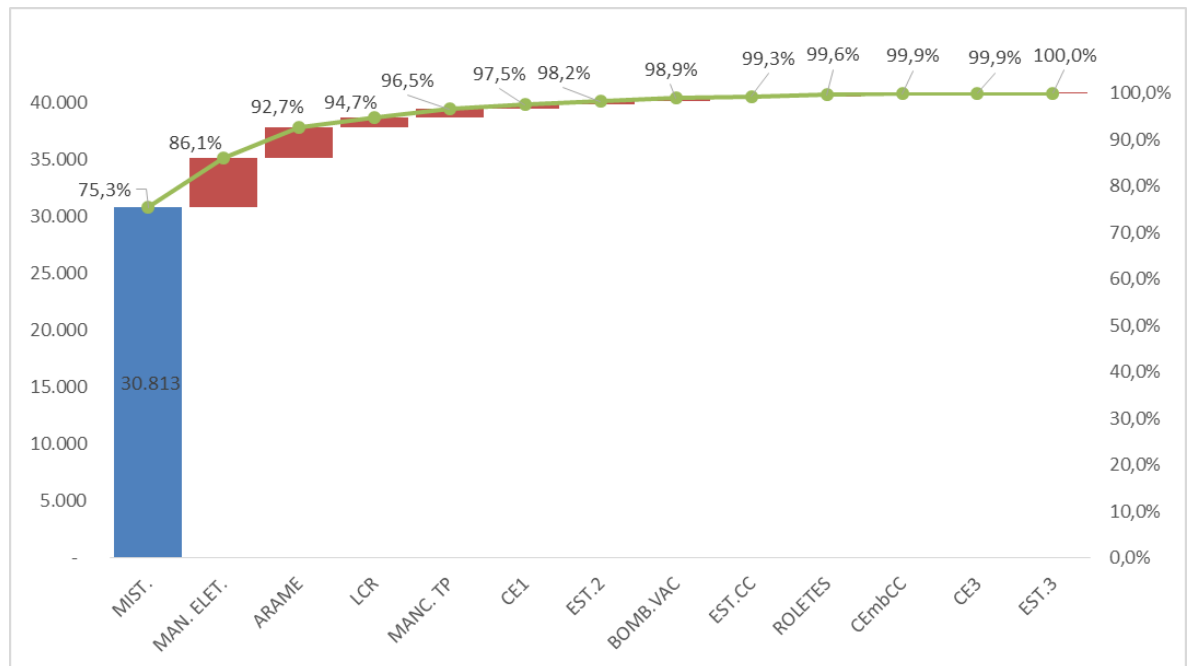
MÁQUINA	MODO DE FALHA	IDENTIFIC.
Esteira 1	Corrente esteira 1 saltou	CE1
Carrinho Cortador de telha	Corrente da embreagem do Carrinho Cortador saltou;	CEmbCC
Carrinho Cortador	Arame do carrinho cortador danificado	ARAME
Carrinho Cortador	Esteira do carrinho cortador desregulada	EST.CC
Esteira 3	Corrente esteira 3 saltou	CE3
Carrinho Cortador	Roletes sujos	LCR
Maromba	Fio da máquina desencapado	MAN. ELET.
Misturador	Eixo do misturador desencaixado	MIST.
Esteira 3	Esteira 3 desajustada	EST.3
Tirador de pedra	Mancal do tirador de pedra folgado e desalinhado	MANC. TP
Carrinho Cortador de tijolos	Roletes desajustados	ROLETES
Esteira 2	Restos de materiais na esteira 2	EST.2

Fonte: Autoria própria (2017)

Foi verificado também os tempos de cada parada ocorrida durante o período de coleta de dados. Esses tempos coletados (em segundos) são apresentados no gráfico da Figura 6.

Tendo em vista a ocorrência das paradas não programadas referentes à cada máquina envolvida na linha de produção, foi construído o diagrama de Pareto (Figura 6) com o intuito de identificar o modo de falha que, ao parar a produção para solucioná-lo, interfere com maior intensidade nas perdas por não produção.

Figura 6 - Diagrama de Pareto referente às paradas para Manutenção Corretiva com relação ao tempo (em segundos)



Fonte: Autoria própria (2017)

Observa-se que no gráfico está apresentado o dado “BOMB. VAC” que refere-se à falta de água na bomba de vácuo, porém o mesmo dado não encontra-se apresentado na Tabela 1, isso se dá porque em conversas com os gerentes da empresa e com o mecânico essa falha não ocorre, tendo ocorrido apenas em um dia específico, sendo assim os mesmos decidiram desconsiderar a falha para o referido estudo.

De acordo com os dados da análise apresentados no gráfico acima, a maior parte das paradas para manutenção corretiva não programada ocorrem devido a falha (total ou parcial) na máquina misturador, ocasionada pelo mecanismo Eixo do misturador desencaixado (MIST).

Depois disso, um funcionário responsável pela manutenção na produção, analisou cada modo de falha de acordo com os seguintes critérios: severidade, detecção e ocorrência. Para avaliar ocorrência foi utilizada a escala determinada por Palady (1997) devido à ocorrência de paradas atípicas na produção e a análise ter sido realizada em um curto espaço de tempo obtendo-se assim poucos registros, porém é aconselhável a utilização de dados precisos. Para avaliar severidade, detecção e ocorrência, foram utilizadas as escalas subjetivas propostas por Palady (1997) (Quadro 2, Quadro 3, e Quadro 4, respectivamente).

Quadro 2 - Descrição de Avaliação de Detecção

Escala de Detecção	Grau
É quase certo que será detectado	1
Probabilidade muito alta de detecção	2
Alta probabilidade de detecção	3
Chance moderada de detecção	4
Chance média de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Probabilidade remota de detecção	9
Detecção quase improvável	10

Fonte: Adaptado de Palady (1997)

Quadro 3 - Descrição da Avaliação de Severidade

Descrição da Escala de Severidade	Grau
Efeito não percebido pelos operadores.	1
Efeito bastante insignificante, percebido pelos operadores; entretanto não faz com que estes solucionem.	2
Efeito insignificante, que perturba os operadores, mas não faz com que eles solucionem.	3
Efeito bastante insignificante, mas perturba os operadores, fazendo com que solucionem.	4
Efeito menor, inconveniente para os operadores; entretanto, não faz com que estes solucionem.	5
Efeito menor, inconveniente para os operadores, fazendo com que estes solucionem.	6
Efeito moderado, que prejudica o desempenho da produção levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções da produção.	7
Efeito moderado, que prejudica o desempenho da produção levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções da produção.	8
Efeito crítico que interrompe as funções da produção, gera custo significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) aos operadores.	9

Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização.	10
---	----

Fonte: Adaptado de Palady (1997)

Quadro 4 - Descrição de Avaliação de Ocorrência

Escala de Avaliação de Ocorrência	Grau
Extremamente remoto, altamente improvável	1
Remoto, improvável	2
Pequena chance de ocorrência	3
Pequeno número de ocorrências	4
Espera-se um número ocasional de falhas	5
Ocorrência moderada	6
Ocorrência frequente	7
Ocorrência elevada	8
Ocorrência muito elevada	9
Ocorrência certa	10

Fonte: Palady (1997)

Na etapa seguinte buscou-se a identificação das possíveis causas para cada modo de falha, a partir das falhas identificadas.

O Quadro 5 apresenta os resultados obtidos a partir da elaboração e análise do FMEA.

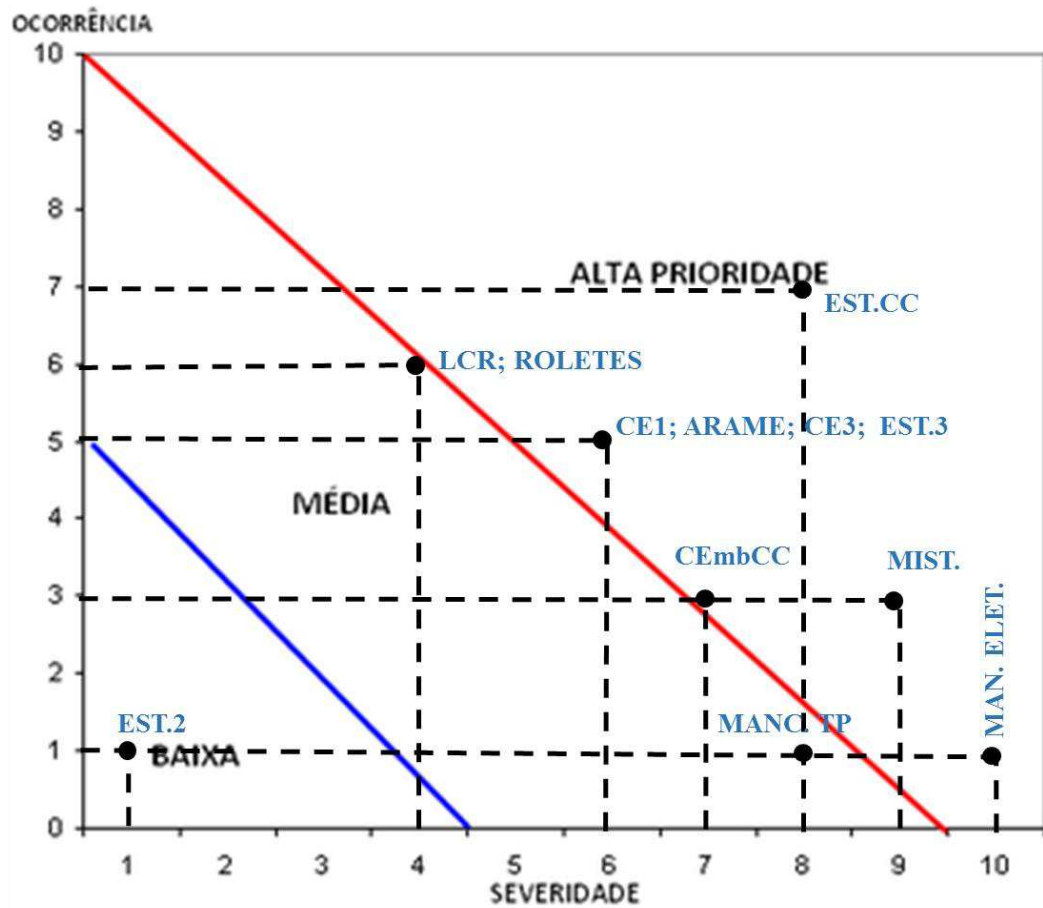
Quadro 5 - Análise FMEA

Análise das falhas identificadas durante o período de 31/10 à 14/11 de 2017									
Nº	Falha	Modo de Falha	Ocorrência	Efeito	Severidade	Causa	Deteção	RPN	Identificação
1	Corrente esteira 1	Corrente esteira 1 saltou	5	Parada na produção	6	Folga na corrente, eixo desgastado, rolamento com folga	1	30	CE1
2	Corrente da embreagem do Carrinho Cortador	Corrente da embreagem do Carrinho Cortador saltou;	3	Parada na produção	7	Folga na corrente, coroa desgastada	1	21	CEmbCC
3	Troca de arame do carrinho cortador	Arame do carrinho cortador danificado	5	Parada na produção	6	Desgaste no arame	1	30	ARAME
4	Esteira do Carrinho Cortador	Esteira do carrinho cortador desregulada	7	Defeito no produto	8	Mudança de máquina	1	56	EST.CC
5	Corrente esteira 3	Corrente esteira 3 saltou	5	Parada na produção	6	Folga na corrente, eixo desgastado, rolamento com folga	1	30	CE3
6	Caixa de roletes	Roletes sujos	6	Defeito no produto	4	Funcionamento Incorreto	3	72	LCR
7	Isolamento do fio da maromba (Manutenção Elétrica)	Fio da máquina desencapado	1	Acidente de Trabalho	10	Desgaste	1	10	MAN. ELET.
8	Eixo do misturador	Eixo do misturador desencaixado	3	Parada na produção	9	Desgaste nas castanhas	1	27	MIST.
9	Ajuste esteira 3	Esteira 3 desajustada	5	Parada na produção	6	Folga na corrente, eixo desgastado, rolamento com folga	1	30	EST.3
10	Mancal do tirador de pedra	Mancal do tirador de pedra folgado e desalinhado	1	Parada na produção	8	Desgaste	7	56	MANC. TP
11	Roletes do carrinho tijolo	Roletes desajustados	6	Defeito no produto	4	Funcionamento Incorreto	3	72	ROLETE S
12	Esteira 2	Restos de materiais na esteira 2	1	Parada na produção	1	Material acumulado	8	8	EST.2

Fonte: Autoria própria (2017)

A partir dos resultados obtidos no Quadro 5 da análise FMEA, elaborou-se o Gráfico de Área para apontar as principais causas com bases nos índices de ocorrência e severidade (Figura 7).

Figura 7 - Gráfico de Área das falhas



Fonte: Autoria própria (2017)

Analisando o gráfico construído percebe-se que os pontos em cada área de risco do gráfico são: (i) alto risco: EST.CC, CE1, ARAME, CE3, EST.3, CEmbCC, MIST., MAN. ELET; (ii) médio risco: LCR, ROLETES, MANC. TP; (iii) baixo risco: EST.2.

Após análise dos gráficos de falhas viu-se que cerca de 67% dos modos de falhas encontrados durante o período de análise encontram-se na área de alto risco (ou alta prioridade), sendo estes os modos de falhas cruciais e que devem ser interferidos a partir da elaboração de um plano de ação pela empresa.

5 CONCLUSÃO

Para que uma empresa ganhe cada vez mais espaço no mercado abrangendo mais clientes em distâncias com raios cada vez maiores, é necessário que a mesma cumpra com prazos de entrega, garantindo que o cliente receberá produtos de qualidade no tempo determinado.

Para isso, quando a própria empresa é a responsável pela fabricação do produto que será entregue ao cliente, os responsáveis por ela devem preocupar-se com outros fatores que influenciam para que tudo saia conforme planejado. Diante disso, observou-se na empresa estudada que as paradas não programadas para realização de manutenções corretivas ocupavam parte significativa do tempo destinado à produção, acarretando em uma produção menor que a estipulada pelos gerentes e possíveis atrasos na entrega de pedidos. Assim sendo, buscou-se analisar a linha de produção e quais fatores influenciavam a ocorrência de paradas.

A coleta de dados serviu como base para após sua análise, buscar através de estudos bibliográficos soluções para os problemas encontrados, assim sendo, tendo em vista que tais problemas encontrados e buscando a necessidade de garantir o desempenho dos equipamentos a um melhor custo-benefício partindo-se das premissas da MCC, foi realizada uma análise FMEA, que possibilitou uma melhor visualização e classificação das paradas permitindo agir sobre as consideradas mais graves ao elaborar um plano de gestão da manutenção.

A criação de um plano de manutenção e a aplicação de uma melhor gestão na manutenção na empresa aumentam a produtividade da mesma devido à redução ou até mesmo eliminação das paradas não programadas para realização de manutenção, tendo em vista que o estudo possibilitou a intervenção e ação onde mais causava perda de tempo na produção, e reduzem os custos relacionados à manutenção. Após a implantação da planilha, espera-se com o controle da realização da manutenção preventiva o aumento da disponibilidade dos equipamentos proporcionando maior eficiência dos mesmos e conseqüentemente um aumento na produção. Espera-se que as manutenções preventivas sejam realizadas pelos mecânicos fora do horário de produção e caso seja necessário durante o expediente, poderá ser planejada para feriados, finais de semana ou planejar folga para os colaboradores reduzindo o impacto financeiro para a empresa.

A determinação de datas e prazos para a realização de manutenção preventiva na empresa contribui para o aumento da produtividade refletindo em um maior rendimento dos lucros e suprimento de pedidos em um menor prazo de tempo.

Com a implementação de um plano de gestão da manutenção busca-se alterar os valores da eficiência da empresa, aumentando conseqüentemente os seus lucros.

Como propostas para trabalhos futuros, buscar implementar novas formas de controle e realização de manutenção preventiva com o intuito de aumentar o aproveitamento do tempo disponível para produção possibilitando o aumento gradativo da competitividade da empresa frente às outras empresas do mesmo ramo na região, maximizando seus lucros e possibilitando que a mesma disponha cada vez mais de seu maquinário com maior disponibilidade.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. D. **MODELO CONCEITUAL PARA A APLICAÇÃO DE FMEA DE PROCESSO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**. 136 páginas. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Gestão e Otimização. Guaratinguetá, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BACKLUND, Fredrik. **Managing the Introduction of Reliability-Centred Maintenance, RCM – RCM as a method of working within hydropower organisations**. 2003. 317 f. Thesys (Doctoral) – Department of Business Administration and Social Sciences – Division of Quality and Environmental Management, Lulea University of Technology. Lulea, 2003.

BARAN, L. R. **MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE APLICADA NA REDUÇÃO DE FALHAS: UM ESTUDO DE CASO**. Ponta Grossa: UTFPR, 2011. Monografia de especialização, Curso de Especialização em Gestão Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

BLOOM, N. **Reliability Centered Maintenance (RCM): implementation made simple**. 1ª. ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2006.

CABRAL, José Paulo Saraiva. **Organização e Gestão da Manutenção - Dos Conceitos à Prática**. Lisboa: Lidel, 2006.

CARVALHO, O. O. **Perfil industrial da cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte**. Natal: FIERN; SENAI, 2001.

DHILLON B.S. **Engineering Maintenance A Modern Approach**, CRC PRESS Boca Raton. London New York Washington. 2002.

GARZA, Luiz. **A Case Study of the Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the Acquisition of the Advanced Amphibious Assault Vehicle (AAAV)**. 2002. 85 f. Thesys (Master) – Naval Postgraduate School, United States Navy. California, 2002.

HEADQUARTERS. **Failure Modes, Effects and Criticality Analyses (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities. Technical Manual (TM 5-698-4)**. Department of the Army. Washington, DC, 2006.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION'S. **IEC 60812**: Analysis techniques for system reliability – procedure for failure mode and effects analysis (FMEA). Switzerland, 2006.

KARDEC, Alan e NASCIF, Júlio – **Manutenção – Função Estratégica**, Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1999.

KARDEC, A. e NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica**, 4ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

KODALI, R.; CHANDRA, D. Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance. **Production Planning & Control**. V. 12, n. 7, p. 695-705, 2001.

LAFRAIA J. T. B., **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**, Rio de Janeiro – RJ, ed. Qualitymark: Petrobrás, 2001.

LEVERETTE, J. C. **An Introduction to the US Naval Air System Command RCM Process and Integrated Reliability Centered Maintenance Software**. In: RCM 2006 - The Reliability Centred Maintenance Managers' Forum. 2006. Anais...: p. 22-29.

MARQUEZ, A. C. **The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance**. Springer Series in Reliability Engineering, 2007.

MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação para a Gerência de Manutenção Industrial**. São Paulo: Durban Ltda., 1989.

MOBLEY R. K., **An Introduction to Predictive Maintenance**: Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

MOBLEY, R. K. **Root Cause Failure Analysis**. 1ª. ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999.

MOUBRAY, J.; **Reliability-centered maintenance**. Ney York, NY: Industria Press Inc., 1997.

NASCIF, Júlio. **Manutenção Preditiva: Caminho para a excelência**. Disponível em:<http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/manutencao_preditiva_caminho_para_a_excelencia.pdf> Acesso em 15 de dezembro de 2017.

NAVSEA. **Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook**. S9081-AB-GIB-010. Naval Sea Systems Command. USA, 2007.

NEPOMUCENO L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NETO, L. G. C. **INFLUÊNCIA DO MONITORAMENTO OBJETIVO E SUBJETIVO NA DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**. Santa Bárbara D'Oeste: UNIMEP, 2006. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, 2006.

NUNES, E. L. **MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC): ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO EM UMA SISTEMÁTICA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONSOLIDADA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. **Apostila do curso manutenção centrada em confiabilidade – DNV Principia**, Foz do Iguaçu, abr. 2001. 102p. Notas de aula. Impresso.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J. & ALMEIDA D. A. **Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas**. Revista Produção. São Paulo, v. 20, n. 1 p. 77-91, 2010.

OLIVEIRA, Fabson Emerson Marrocos de. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmica da microrregião do Vale do Assu**: estudo de caso/ Fabson Emerson Marrocos de Oliveira. – Angicos, RN : UFERSA, 2011.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos**: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram. Tradução Outras Palavras, São Paulo: IMAN, 1997.

PALADY, P. **FMEA: análise de modos de falhas e efeitos – provendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. 4. Ed. – São Paulo: IMAM, 2007.

PINTO A k. & XAVIER J. N., **Manutenção Função Estratégica**, Rio de Janeiro, ed. Qualitymark, 1999.

RIBEIRO, C. P. **Processo de implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) na Indústria Brasileira** / Celso Ricardo Ribeiro. Taubaté: UNITAU / Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2003. 68 p.:il.

SAE STANDART. **Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA)**. SAE Standard. Surface Vehicle Recommended Practice SAE - J1739. 2000.

SEBRAE. **Cerâmica vermelha – Panorama do mercado no Brasil**. Disponível em:<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf)>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implantação. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SIQUEIRA, I. P. **MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO**. 2.ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012, 408p

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

SMITH , A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. **RCM: gateway to world class maintenance**. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, v. 1, 2004.

VIANA, L. P. **III Seminário de Manutenção – Trabalhos Técnicos** - seção regional VII – Paraná e Santa Catarina. Curitiba: ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção, 1991, p.2.

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

WANG, Cheng-Hua & HWANG, Sheue-Ling. A stochastic maintenance management model with recovery factor. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 10, n. 2, p. 154-164, Bingley (UK), abr-jun. 2004.

WIREMAN, T. **Developing performance indicators in managing maintenance**. New York, NY: Industrial Press Inc., 1998.

WYREBSKI, J. **Manutenção Produtiva Total: Um Modelo Adaptado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

ZAIONS, DOUGLAS R. **Manutenção Industrial com Enfoque na Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.