

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O SETOR DE LAPIDAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE VIDROS

DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE LAPPING SECTOR OF A GLASS PROCESSING INDUSTRY

João Victor Virgínio de Andrade¹
Antonio Carlos de Queiroz Santos²
Suelyn Fabiana Aciole Moraes³
Vanessa Nóbrega da Silva⁴
Ariadne Guerra Souza⁵
Mariana Paiva Brito⁶
Caio Franklin Vieira de Figueiredo⁷

RESUMO: A Gestão da Manutenção é um assunto importante no cenário tecnológico atual, pois as indústrias precisam extrair o máximo de retorno dos seus recursos e ativos fixos para manter-se competitiva e garantir sua participação no mercado. A manutenção como área de estudo, envolve o conhecimento integrado da empresa, de cada setor e equipamento, decidindo onde, quando e por que aplicar cada tipo de ação. As aplicações destes planos de ações buscam a satisfação dos clientes internos e externos, garantem a confiabilidade do processo e a qualidade dos produtos acabados dentro dos prazos estabelecidos, além do controle e minimização de custos e o aumento da vida útil das máquinas e equipamentos sempre visando à melhoria contínua do processo. Neste trabalho foram aplicadas as ferramentas de *Brainstorming* para levantamento das falhas do processo e representação através do Diagrama de Ishikawa, utilizando o Diagrama de Pareto para priorização das causas potenciais das falhas a serem combatidas. Em seguida, foi realizado a *Failure Mode and Effects Analysis* – FMEA para obter efeitos potenciais indesejados e suas respectivas ações de correção recomendadas. Por fim, foi elaborado um Procedimento Operacional Padrão – POP para a regulação e posicionamento dos rebolos e inspecionar os níveis de desgaste.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção. Confiabilidade. Qualidade.

¹Especialista em Higiene e Segurança do Trabalho, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

²Doutor em Engenharia de Processos (UFCG), Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

³Doutora em Engenharia de Processos (UFCG), Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

⁴Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco UFPE. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

⁵Graduanda em Engenharia de Produção pela UFCG - Campus Sumé.
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

⁶Graduanda em Engenharia de Produção pela UFCG - Campus Sumé.
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

⁷Doutorando em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG [LINHA DE PESQUISA: Bioprodutos.

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

ABSTRACT: The Maintenance Management is an important matter in the current technological scenario, because the industries need to extract the full value from its resources and fixed assets to remain competitive and ensure its market participation. Maintenance as a study area involves the integrated knowledge of the company in each sector and equipment, deciding where, when and why to apply each type of action. The applications of these action plans seek the satisfaction of internal and external customers, ensure reliability process and the quality of finished products within the set deadlines, in addition to control and minimize costs and increase the useful life of machinery and equipment always aiming at continuous process improvement. In this work we applied the tools to brainstorming survey of process failures and representation through the Ishikawa diagram, using the Pareto diagram for prioritization of potential causes of failures to be combated. Then it was held the Failure Mode and Effects Analysis - FMEA for unwanted potential effects and their recommended corrective actions. Finally, it was elaborated a Standard Operating Procedure - SOP for adjustment and positioning of the grindstone and inspect the wear levels.

Keywords: Maintenance Management. Reliability. Quality.

1. INTRODUÇÃO

O mau gerenciamento da manutenção pode acarretar no desperdício de recursos ao mesmo tempo em que oferece soluções precárias e tardias. Em muitos casos, permite que problemas graves que, se detectados no início, não afetariam o desempenho da produção e nem gerariam maiores custos à empresa. Esse tipo de gestão, caracterizada pela falta de planejamento, apenas resulta em ineficiência produtiva e prejuízos.

Neste cenário, é preciso que a atividade de manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo para que a empresa caminhe rumo à excelência nesse cenário altamente competitivo. A grande interseção do setor de manutenção com o de produção, influenciando diretamente a qualidade e produtividade, faz com que o mesmo desempenhe um papel estratégico fundamental na melhoria dos resultados operacionais e financeiros dos negócios (COSTA, 2013).

Outro fator a ser considerado é a ação do tempo sobre os equipamentos e instalações, submetidos às leis de depreciação, necessitam periodicamente de reparos, regulagens, limpeza e lubrificação para permanecerem operando com eficiência. Segundo Siqueira (2005), o objetivo da manutenção é assegurar que os itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam.

Para que uma indústria permaneça competitiva em meio ao mercado atual, é necessário que todos os setores estejam focados e capacitados para atender as necessidades de intervenções a serem realizadas. Em virtude disso, o setor de manutenção deve possuir um gerenciamento estruturado a partir de um conjunto prático de ações bem definidas e

disseminadas por todos os setores, assegurando os resultados e metas estabelecidas pela empresa. Neste sentido, analisando-se as empresas líderes, ou de sucesso, percebe-se que essas organizações adotam, cada vez mais, técnicas preditivas e a prática da engenharia de manutenção. A manutenção, assim, é considerada estratégica para as organizações, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e dentro de custos adequados (XAVIER, 2005).

Segundo a *RealiaSoft* (2006), a manutenção está relacionada com a rentabilidade das empresas na medida em que influencia na capacidade de produção, na qualidade do produto e no custo operacional dos equipamentos. Os trabalhos de manutenção elevam o desempenho e disponibilidade dos equipamentos para a produção, mas ao mesmo tempo contribuem para crescer os custos de operação. O objetivo de um setor ligado à manutenção deve ser, portanto, atingir um equilíbrio entre estes defeitos maximizando a contribuição do setor na rentabilidade da empresa. Portanto, a manutenção deve ser configurada como agente proativo dentro da organização. Para isso, a gestão da empresa deve ser sustentada por uma visão de futuro e os processos gerenciais devem focar na satisfação plena dos clientes, através da qualidade intrínseca de seus produtos e serviços, tendo como balizadores a qualidade dos processos produtivos (KARDEC & NASCIF, 2009).

Tendo em vista estes fatores, o estudo da gestão da manutenção aparece como sendo de suma importância na realidade encontrada pelos profissionais de engenharia na busca de otimização e melhoria de processos, de modo que a sua implantação deve ser vista como função estratégica, respondendo diretamente pela disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos e qualidade dos produtos finais, refletindo nos resultados, uma vez que garante a otimização dos processos possibilitando a expansão da empresa. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um sistema de Gestão da Manutenção desenvolvido para maximizar a disponibilidade dos equipamentos de produção do setor de lapidação de uma indústria de processamento de vidros situada na cidade de Campina Grande – PB.

1.1 Referencial Teórico

1.2 Definição da Manutenção

De acordo com a Norma Técnica Brasileira, a NBR 5462, a manutenção é dita como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão

destinada a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994). Dessarte, a manutenção dentro das funções estratégicas organizacionais é responsável pelas ações diretas de disponibilidade dos ativos, desencadeando em importantes resultados do capital da empresa, esses que proporcionam eficiência e eficácia no processo produtivo.

Ademais, Cabral (2013) dissertou sobre a gestão de manutenção, dessa forma, “a gestão da manutenção é, acima de tudo, um empenhamento da técnica e da engenharia para assegurar o bom funcionamento das máquinas e instalações, obter o seu melhor rendimento e segurança, evitar avarias ou repará-las quando acontecerem, e os desempenhos financeiros são juntamente com muitos outros, consequências e ferramentas para avaliação e apoio à tomada de decisões e não objetivos em si mesmos.”

1.3 TPM – *Total Productive Maintenance* ou MPT – *Manutenção Produtiva Total*

Traçada a partir da evolução da filosofia “TQM – *Total Quality Management*”, onde foram alteradas funções e atividades, sendo inseridas a Função Manutenção como parte integrante e fundamental do programa de qualidade, a filosofia TPM junto as definições de “Manutenção Produtiva” que compreende o conjunto de atividades de manutenção que visam melhorar o desempenho e a produtividade dos equipamentos de uma empresa, assim como o conceito organizacional da palavra “Total” que é toda a organização está envolvida na cultura e nas atividades da MPT, desde a gerência até os operários.

1304

2. RCM – *Realiability-Centered Maintenance* ou MCC – *Manutenção Centrada na Confiabilidade*

O conceito de MCC (sigla em português) é um processo alternativo de manutenção que é utilizado para definir a abordagem mais efetiva para a manutenção visando aumentar a operacionalidade dos equipamentos, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção. Esse tem como base identificar as ações a serem tomadas para reduzir a probabilidade de falha dos equipamentos e identificar os custos mais efetivos, procurando estabelecer uma combinação ótima das ações de manutenção a serem desenvolvidas com base na condição, no tempo ou ciclo de operação e na operação até a falha dos equipamentos. A MCC é um processo contínuo que reúne dados do desempenho operacional do sistema e utiliza estes dados para melhorar o projeto e a manutenção futura.

2.1 FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise do Modo e Efeito de Falha

A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), adota a sigla originária do inglês FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. Ainda segundo a norma, o FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto.

A relação entre modo de falha e efeito, se bem controlada, pode tornar-se uma ajuda muito grande para a análise da confiabilidade e também para os processos de manutenção a serem adotados. A dificuldade é grande neste relacionamento dado que diferentes modos de falha podem se manifestar da mesma maneira, ou seja, apresentam o mesmo efeito.

Segundo Siqueira (2005), a Manutenção Centrada na Confiabilidade utiliza a FMEA com o propósito de avaliar, documentar, e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional, visando definir formas de prevenção ou correção. Nesse sentido, a metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos, com melhor conhecimento dos problemas apresentados e desenvolver ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e realizar o devido monitoramento (melhoria contínua).

2.2 Organização da Manutenção

Para organizar um sistema de manutenção é necessário planejar e padronizar as atividades de manutenção para que sirvam como bases para um melhor gerenciamento. O plano de manutenção deve ser construído avaliando alguns fatores restritivos, tais como a capacidade da equipe de manutenção, necessidade da produção para com o equipamento e a necessidade do equipamento por manutenção. Dessa forma, Sousa (2008) define o planejamento estratégico da manutenção como um conjunto de tarefas em equipe que tem como propósito assegurar o progresso do seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na sua gestão com eficiência de seus processos, a adequação contínua de sua

estratégia, capacitação e estrutura, alinhando-se sempre com as metas e objetivos da produção.

De acordo com Furtado (2001), a manutenção pode ser classificada em quatro estruturas organizacionais: centralizadas, descentralizadas, mista e matricial. A manutenção centralizada é composta por um único órgão de manutenção, com o mesmo nível dos órgãos operativos, atendendo a qualquer tipo de necessidade de intervenção, em qualquer setor demandado (SOUZA, 2008).

A manutenção descentralizada é caracterizada por uma equipe própria de manutenção para cada área de processo, sendo esta responsável tanto pela execução quanto pelo planejamento e controle (SOUZA, 2008). Manutenção mista, por sua vez, oferece autonomia a cada área de processo para realizações cotidianas e, ao mesmo tempo, é gerida por um único órgão onde são disponibilizados os métodos e processos de controle padronizados (SOUZA, 2008).

Por último, a estrutura matricial, segundo Pinto & Xavier (2001), privilegia a formação de um grupamento preocupado com o funcionamento daquela unidade, gerando um grau maior de cooperação entre as operações e a manutenção, podendo apresentar algumas distorções tais como: descentralização dos arquivos de manutenção; resistência do pessoal de manutenção em adaptar-se à dupla gestão; maior inércia na ajuda mútua entre grupos de unidades diferentes, provocando uma forte tendência do efetivo global da planta; falta de padronização nos procedimentos.

2.3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória, tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Pode envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. Geralmente, assume a forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Pesquisa explicativa, a preocupação central é identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, é nesse tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas, por isso, é o tipo mais complexo e delicado (GIL, 2008). Nessa perspectiva, o estudo ora proposto será do tipo exploratório e explicativo, utilizando-se do processo dedutivo para correlação de achados e inferência de discussões. Para isto, o método adotado será o qualitativo.

O método de pesquisa iniciou-se pela execução de um diagnóstico realizado pela observação *in loco*, com acompanhamento das atividades diárias das práticas de manutenção adotadas pela empresa e os principais problemas que afetavam o desempenho do processo produtivo através das informações fornecidas pelo quadro colaborativo.

A parte final do trabalho será focada na análise das principais causas de falhas no processo levantadas através da técnica de *Brainstorming* e representadas no Diagrama de Ishikawa voltadas para as paradas inesperadas no setor de lapidação da empresa em estudo. Em seguida, foi realizada uma distribuição da frequência no Diagrama de Pareto para filtrar as potenciais causas responsáveis pelo efeito indesejado. Por último, foi realizado a *Failure Mode and Effects Analysis* – FMEA para obter as causas potenciais e suas respectivas ações de correção, e foi elaborado um Procedimento Operacional Padrão – POP para padronizar a regulagem e posicionamento dos rebolos e inspecionar os níveis de desgaste.

3. Resultados e Discussões

3.1 Descrição da empresa

A empresa onde foram realizados os estudos é considerada de pequeno porte, atendendo as cidades de Campina Grande, João Pessoa e Natal, com seus principais fornecedores nos estados da região nordeste, como: Pernambuco (Recife), Ceará (Fortaleza) e Bahia (Salvador). A organização tem frota própria de caminhões para o transporte de matéria-prima, entretanto, esse serviço é terceirizado de acordo com a disponibilidade dos caminhões, além de também se responsabilizar pela entrega de produto acabado.

Com relação ao sistema produtivo em estudo é intermitente, uma vez que, a empresa trabalha com pedidos orientados por projetos individuais de acordo com a necessidade de cada cliente, sendo subdividido por classe de vidros segundo seu tipo, tonalidade e espessura. Portanto, o *mix* de produtos é altamente variado onde a aquisição da matéria-prima é relativa à demanda, configurando um processo *just in time* conforme a confirmação do pedido pelo cliente.

3.2 Cenário atual da manutenção na empresa em estudo

A empresa trabalha com sistema sequencial de operações para que o beneficiamento do vidro ocorra de acordo com o solicitado nas especificações de cada projeto enviado pelo cliente. Dessa forma, de acordo com o tipo de vidro a ser processado e a finalidade para que se destinem, algumas peças seguem sequências alternadas de processamento, podendo

haver pedidos em que as peças devem passar pelo setor de lapidação, em outros casos, com vidros de pouca espessura, que serão aplicados a esquadrias não é necessário esse serviço de acabamento uma vez que as bordas das peças permanecem embutidas após a instalação, ou peças de formatos modulares que apresentem furos e recortes que devem passar pelo setor de furação e escariação manual.

Devido ao grande *mix* de produtos e aos prazos de entrega estipulados, a empresa conta com um quadro de recursos especializados que são de suma importância para concretizar a produção, tornando vital a disponibilidade para atender a demanda do mercado e cumprimento do plano de vendas, uma vez que trabalha com grande limitação de máquinas e equipamentos em que o melhor cenário não permite máquina parada.

No entanto, a empresa atualmente ainda segue uma linha rudimentar no que diz respeito à manutenção. Todas as intervenções em suas máquinas e equipamentos são corretivas e não planejadas, ou seja, o processo segue um ritmo produtivo constante sujeito a paradas obrigatórias e inesperadas por conta de falhas, quebras, falta de sobressalentes no almoxarifado e até mesmo pane, comprometendo a produção e toda programação agendada.

Quando algum desses fatores interrompe o processo produtivo, a empresa é submetida a longos períodos de ociosidade, uma vez que não consta em seu quadro colaborativo profissionais de manutenção, ficando a mercê de serviços terceirizados que demandam grande intervalo de tempo desde a chegada do profissional a indústria até a retomada da disponibilidade das máquinas. Em alguns casos de panes na ponte mecânica que conduz as chapas de vidros até o setor de corte, lapidadoras, ou no forno de temperamento, poucos profissionais na região são capacitados para realizar os reparos, podendo acarretar paradas de duração superior a dias de serviços ou até mesmo semanas se houver necessidade de reposição de peças que são comercializadas apenas na região sul e sudeste.

3.3 Aplicação das ferramentas de gestão

4. Análise do Cenário Atual das Falhas no Processo

Para identificar as possíveis causas do problema que afetam a qualidade do acabamento das peças de vidro e o atendimento dos prazos de entrega dos produtos acabados da indústria de processamento em estudo, foram adotadas duas ferramentas da Qualidade. Buscou-se identificar as causas das falhas das máquinas utilizadas no processo

por meio da utilização do diagrama de Ishikawa. Para realizar essa análise descritiva das falhas foi utilizada a técnica de *brainstorming* voltado para manutenção a qual se mostrou bastante eficiente na identificação das possíveis causas do problema em estudo. Concluída a construção do diagrama será possível analisar o melhor curso de ações, tendo em vista a identificação das causas consideradas como principais e o respectivo setor de maior criticidade.

4.1 Diagrama de Ishikawa e *Brainstorming*

O Diagrama de Ishikawa foi desenvolvido para representar a relação entre o “efeito” e todas as possibilidades de “causa” que podem contribuir para esse efeito. Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe simplifica processos considerados complexos dividindo-os em processos mais simples e, portanto, mais controláveis (TUBINO, 2000). Para elaborar o diagrama, Ishikawa definiu as chamadas “causas principais” de qualquer problema, que também são chamadas de 6 M’s: “mão de obra”, qualquer fator relacionado à falha humana ou relacionado às pessoas; “materiais”, problemas ou fatores relacionados com componentes, insumos ou matérias-primas; “máquinas”, problemas ou fatores relacionados com equipamentos; “métodos”, problemas ou fatores relacionados com métodos; “meio ambiente”, problemas ou fatores relacionados com meio/local; “medição”, problemas ou fatores relacionados com controle do processo (FARIA, 2008).

Para identificar as causas principais ou 6 M’s, foi utilizado a ferramenta *Brainstorming* que de acordo com Lima (2011), a “tempestade de ideias” é uma técnica para explorar o potencial de ideias de um grupo de maneira criativa e com baixo risco de atitudes inibidoras. [...] Identificação de potenciais alternativas de soluções para um dado problema, dentro do contexto de qualidade (defasagem entre o que se quer e o que se tem).

Durante o desenvolvimento da reunião foram tomados alguns cuidados para que os melhores resultados fossem alcançados, de modo que, foram estabelecidas aos participantes as regras do *Brainstorming* para que não houvesse nenhum tipo de julgamento sobre as ideias apresentadas com intuito de não inibir os participantes, foi estabelecido um tempo mínimo de 30 e no máximo 60 minutos de duração no qual participarão os dois gerentes responsáveis pelos galpões de produção da empresa em estudo, um representante de cada setor do processo, e o autor deste trabalho encarregado de anotar as contribuições apresentadas, totalizando 9 participantes.

Após o *Brainstorming* foi revisado o conjunto de contribuições selecionando as sugestões que, com consentimento de todos, abordaram adequadamente o problema em questão e o descarte de algumas ideias consideradas repetitivas ou que fugiram do objetivo principal. Foi realizado um trabalho sobre a linguagem utilizada pelos operadores durante a reunião para que todas as suas contribuições fossem formalizadas para composição do diagrama.

A conclusão dos participantes foi unânime ao apontar o setor de lapidação como de alta criticidade ao processo produtivo, uma vez que, a empresa trabalha com um quadro de lapidadoras que supre a demanda de pedidos apenas em total disponibilidade do maquinário, operando com desempenho que atenda aos critérios de qualidade para o acabamento das peças de vidro.

A lapidação é considerada “setor chave”, onde qualquer desvio de desempenho das máquinas pode consumir milímetros acima do limite das dimensões das peças especificadas pelo cliente ou apresentarem avarias nas bordas do vidro ao passar pela lapidadora. Uma vez que as peças já se encontram cortadas, os operadores verificam as dimensões antes de posicioná-las na máquina para que possam acompanhar o desgaste das peças inerente à ação realizada pelos rebolos de polimento acoplados que dão o aspecto suave e brilhante nas bordas das peças, caso a operação seja mal realizada ou a máquina apresente desempenho irregular as peças são rejeitadas e descartadas, gerando grande desperdício e retrabalho. A Figura 1 representa a aplicação do diagrama de Ishikawa no setor em estudo.

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa para paradas no processo por problemas na lapidação.



Fonte: Autores (2023).

Com o diagrama montado apresentado na Figura 1, foi possível realizar uma análise indicativa da frequência com que as principais causas foram abordadas durante o *brainstorming*, de modo que, essa contabilização expressa à vivência histórica dos colaboradores com o problema em questão. Esse recurso foi adotado em virtude da falta de registros documentais nos arquivos da empresa sobre qualquer tipo de falha, quebra no maquinário, pane ou intervenção realizada no processo.

A **Tabela 1** representa a contabilização da frequência das principais causas do problema no setor de lapidação da empresa em estudo.

Tabela 1 – Contabilização da frequência das causas principais do problema no setor de lapidação.

Descrição das Causas	Frequência	% por Causa	% por Causa Acumulada
Ausência de manutenção preventiva	9	24%	24%
Falta de rebolos e peças de reposição no almoxarifado	7	18%	42%
Uso de rebolos desgastados	6	16%	58%
Regulagem e posicionamento incorreto dos rebolos	5	13%	71%
Regulagem incorreta das máquinas	5	13%	84%
Falta de lubrificação	3	8%	92%
Falta de cuidados básicos de manutenibilidade das máquinas	2	5%	97%
Carência de treinamento operacional	1	3%	100%
TOTAL	38		

Fonte: Autores (2023).

A Tabela 1 servirá como fonte de alimentação de dados para construção do Diagrama de Pareto, técnica estatística utilizada na tomada de decisão que permite selecionar e priorizar um número pequeno de itens capazes de produzir grande efeito em processos produtivos.

O princípio do diagrama surgiu no final de 1940 com o guru de gestão da qualidade Joseph M. Juran associado ao economista italiano Vilfredo Pareto, que havia observado que 80% da renda na Itália provinham de apenas 20% da população. Pareto depois realizou estudos sobre uma série de outros países e para sua surpresa encontrou uma distribuição similar em todos eles.

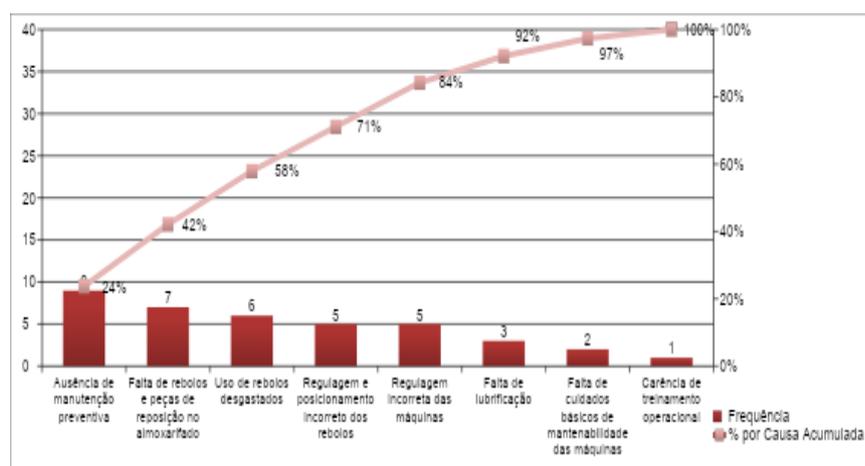
Esse princípio analítico também é conhecido como regra 80/20 baseando na ideia de que 80% dos resultados correspondem a apenas 20% dos fatores, o que justifica a priorização. Ou, em termos de melhoria da qualidade, a grande maioria dos problemas

(80%) é produzida por apenas algumas causas essenciais (20%).

Os dados levantados durante o *brainstorming* são examinados através da utilização do diagrama de Pareto permitindo indicar quais causas têm influências significativas sobre o problema no setor de lapidação. O diagrama consiste em um gráfico de barras que ordena frequências de ocorrências da maior para menor causa vitais, tornando visível a relação ação/benefício, ou seja, prioriza a ação que trará o melhor resultado.

A Figura 2 ilustra a influência das causas discutidas que influenciam para o problema no setor lapidação da empresa em estudo através do diagrama de Pareto.

Figura 2 – Diagrama de Pareto para causas das paradas no processo por problemas na lapidação.



Fonte: Autores (2023).

Analisando as informações do diagrama de Pareto, é possível identificar que das 8 causas apresentadas no gráfico, 5 (20%) são as de maior influência para os problemas (80%) apresentados no setor de lapidação. São elas:

- Ausência de manutenção preventiva;
- Falta de rebolos e peças de reposição no almoxarifado;
- Uso de rebolos desgastados;
- Regulagem e posicionamento incorreto dos rebolos;
- Regulagem incorreta das máquinas.

Todas as causas identificadas na análise apenas reafirmam a carência da empresa sobre os conceitos da Gestão da Manutenção e a importância da elaboração de um plano de ação para resolver o problema do cenário atual do seu processo produtivo.

4.2 FMEA na Empresa em Estudo

O FMEA estuda os possíveis modos de falha (expressão utilizada para caracterizar o mecanismo de falha que ocorre nos itens) dos componentes, sistemas, projetos e

processos e os respectivos efeitos gerados por esses fatores. O efeito é a maneira como o modo de falha se manifesta. Cada item pode ter diferentes modos de falha. Um determinado modo de falha vai se tornar mais ou menos evidente, dependendo da função que o item está desempenhando naquele caso específico. O efeito, por sua vez, segue a mesma sistemática.

Outro aspecto importante a ser abordado na análise do FMEA é a causa geradora do modo de falha. Embora muitos modos de falha sejam inerentes ao item em análise, o estudo das causas permite aprofundar a relação entre o item e a função e gerar procedimentos mais consistentes para aproveitar bem os efeitos, nas suas primeiras manifestações, no sentido de tomar as providências requeridas antecipando-se à perda da função devido à ocorrência do modo de falha.

O objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que sua utilização pode diminuir as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, estamos buscando aumentar a confiabilidade, que é a probabilidade de falha do produto/processo.

Portanto, para a realização da análise foi adotado o FMEA DE PROCESSO onde são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, tendo como base as não conformidades do processo com o que foi planejado para as máquinas do setor de lapidação.

Primeiramente, definiu-se alguns termos que são utilizados no documento FMEA. São eles:

- **Falha:** Perda de função quando ela é necessária.
- **Modo de Falha Potencial:** Como você observa o dano causado.
- **Efeito Potencial da falha:** Resultado ou consequência da falha.
- **Ocorrência de falha:** Quantas vezes isto acontece.
- **Severidade de falha:** O quão grave é a falha quando ela ocorre?
- **Deteção de falha:** Posso encontrar a falha antes de ela ocorrer?
- **Número de prioridade do risco:** É o risco calculado que fica associado ao modo de falha.

O FMEA consiste de uma lista de componentes, funções ou serviços que podem falhar. Para cada um destes itens, são determinadas a ocorrência, os efeitos e os modos de falha para que então o risco inerente à falha possa ser calculado. O valor do risco (NPR) é um múltiplo de 3 variáveis (Ocorrência, Severidade e Deteção), sendo estas três variáveis tabeladas conforme estabelecido para o FMEA de Processo.

Dessa forma, um grupo identifica as funções do processo, as possíveis falhas, as causas e os efeitos derivados desta. Em seguida, é analisado o risco (NPR) que cada falha pode fornecer e então são avaliadas quais medidas de melhoria e ações corretivas podem ser aplicadas de forma a diminuir os riscos analisados.

4.3ª Etapa do FMEA: Identificar os Riscos

Primeiro identificou-se as funções das máquinas, seus requisitos e especificações. A partir dos dados de entrada relacionamos todos os modos de falhas que possam ocorrer no setor de lapidação. Um modo de falha é um não atendimento ao requisito. A Tabela 2 apresenta os requisitos para a operação de lapidação, os modos de falha desse setor, as possíveis causas dos efeitos problemáticos no processo.

Tabela 2 – Identificação dos modos de falha e seus respectivos efeitos.

Etapa do Processo/Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais de Falha	Causas Potenciais de Falha
Lapidação	Peças cortadas	Peças fora das dimensões especificadas	Peças reprovadas na inspeção do setor de marcação (retrabalho)	Erro operacional do corte
				Erro na elaboração das ordens de serviço
	Máquinas reguladas	Peças com avarias nas bordas	Cliente externo rejeita as peças	Uso de rebolos desgastados
				Erro ao regular e posicionar os rebolos
	Máquinas Funcionando	Máquinas indisponíveis	Atraso no processo	Falta de rebolos
				Correia quebrada
			Problemas nas bombas hidráulicas	
			Pane no quadro elétrico	

Fonte: Autores (2023).

Para finalizar esta primeira fase do FMEA determinamos as ações recomendadas para as falhas que podem ser implementadas. As ações de detecção atuam no modo de falha, enquanto que, as ações de prevenção atuam nas causas do modo de falha. A Tabela 3 lista as ações recomendadas para as causas potenciais de falha apresentadas na Tabela 2.

Tabela 3 – Ações Recomendadas.

Causas Potenciais de Falha	Ações Recomendadas
Erro operacional do corte	Revisão das ordens de serviço antes de iniciar os planos de cortes de cada pedido
Erro na elaboração das ordens de serviço	Verificação das especificações dos pedidos antes da impressão das ordens de serviço
Uso de rebolos desgastados	Uso conforme as recomendações do ciclo de vida útil estabelecido pelo fabricante
Erro ao regular e posicionar os rebolos	Inspeção de desempenho da máquina utilizando uma peça de vidro teste antes de iniciar a operação
Falta de rebolos	Uso de planilha de controle de sobressalentes para o almoxarifado
Correia quebrada	Manutenção Preventiva (6 meses)
Problemas nas bombas hidráulicas	
Pane no quadro elétrico	

Fonte: Autores (2023).

5.^a Etapa do FMEA: Priorizar os Riscos

Após identificar os modos de falha, efeitos, causas e as ações de prevenção e de detecção deve-se definir a severidade, a ocorrência e a detecção. A severidade é o resultado do efeito. Avalia a situação na operação que sente o efeito potencial da falha. Com as potenciais falhas listadas, pode-se classificá-las segundo os critérios: Ocorrência, Severidade e Detecção. Após a classificação, calcula-se o risco. Para encontrar o valor de ocorrência, basta consultar a Tabela 4. Nela é possível encontrar facilmente o valor adequado:

Tabela 4 – Classificação e critérios adotados para ocorrências.

Classificação	Critérios Adotados para Ocorrência
1	Chance remota de falha
2	Frequência muito baixa - 1 vez a cada 5 anos
3	Pouco Frequente - 1 vez a cada 2 anos
4	Frequência baixa - 1 vez por ano
5	Frequência ocasional - 1 vez por semestre
6	Frequência moderada - 1 vez por mês
7	Frequente - 1 vez por semana
8	Frequência elevada - algumas vezes por semana
9	Frequência muito elevada - 1 vez ao dia
10	Frequência máxima - várias vezes ao dia

Fonte: Autores (2023).

Uma vez obtido o número da ocorrência, é possível estabelecer o número para a severidade ou gravidade da falha e seu respectivo efeito. Para calcular, recorre-se à Tabela 5:

Tabela 5 – Classificação e critérios adotados para severidade.

Classificação	Critérios Adotados para Severidade
1	Efeito não detectável no sistema
2	Baixa - causando leve aborrecimento ao cliente
3	
4	
5	Moderada - cliente insatisfeito com perda de qualidade perceptível
6	
7	Alta - alto nível de insatisfação do cliente
8	
9	Muito alta – risco potencial de segurança e problemas graves de não conformidades
10	

Fonte: Autores (2023).

Por último, obtém-se o nível de detecção para as falhas e seus efeitos e assim calcular o risco. Note que a detecção é um valor que mostra a eficiência dos controles de detecção da falha (modo de falha). Quanto maior for o valor atribuído ao índice de detecção, significa que maior será a dificuldade de detectar a falha.

Conforme Tabela 6, tem a classificação e os critérios adotados para obtermos o nível de detecção do modo de falha.

Tabela 6 – Classificação e critérios adotados para detecção.

Classificação	Critérios Adotados para Detecção
1	Detecção quase certa do modo de falha
2	Probabilidade muito alta de detecção do modo de falha
3	Alta probabilidade de detecção do modo de falha
4	Moderadamente alta probabilidade de detecção do modo de falha
5	Moderada probabilidade de detecção do modo de falha
6	Baixa probabilidade de detecção do modo de falha
7	Probabilidade muito baixa de detecção do modo de falha
8	Probabilidade remota de detecção do modo de falha
9	Probabilidade muito remota de detecção do modo de falha
10	Não é possível detectar o modo de falha

Fonte: Autores (2023).

Com os valores obtidos através das tabelas é possível calcular o número prioritário de risco (NPR), bastando para isto multiplicar as três variáveis (Ocorrência x Severidade x Detecção). É com este valor de risco que é feito o direcionamento das intervenções que cada modo de falha receberá. Os NPRs mais altos apresentados na Tabela 7 devem ser atacados na seguinte ordem:

- ✓ 1º - Reduzir Severidade: Modificar o processo para minimizar ou eliminar o efeito de falha;
- ✓ 2º - Reduzir Ocorrência: Atuar sobre a causa raiz, eliminando ou reduzindo a causa;
- ✓ 3º - Reduzir Detecção: Melhorar os controles de detecção com mais inspeções.

As ações precisam conter um prazo e responsável pela execução e devem ser monitoradas periodicamente a fim de avaliar novamente o risco e medir a eficácia do plano.

5.1 Etapa do FMEA: Documento de Análise e Efeito de Falhas Potenciais

A Tabela 7 mostra a análise e o efeito das falhas potenciais.

Tabela 7 – Documento de análise de modo e efeito de falhas potenciais – FMEA de Processo.

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS POTENCIAIS - FMEA DE PROCESSO										Número:		2016					
Processo: Lapidção		Preparado por: João Victor Virgínio de Andrade			Data de início:												
Produtor: Peças de Vidro		Aprov. (Nome/Função):			Última revisão:												
Equipe:																	
Etapa do Processo/Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais de Falha	Classificação Severidade	Causas Potenciais de Falha	Ocorrência	Controle Preventivo Atual	Controle Detectivo Atual	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo	Resultado das Ações			
														Ações Tomadas	Severidade	Ocorrência	NPR
Lapidção	Peças cortadas	Peças fora das dimensões especificadas	Peças reprovadas na inspeção do setor de marcação (retalho)	7	Erro operacional do corte	6	X	Inspeção de marcação	3	126	Revisão das ordens de serviço antes de iniciar os planos de cortes de cada pedido						
					Erro na elaboração das ordens de serviço	4	X	X	6	168	Verificação das especificações dos pedidos antes da impressão das ordens de serviço						
	Máquinas reguladas	Peças com ararias nas bordas	Cliente externo rejeita as peças	8	Uso de rebolos desgastados	8	Inspeção Visual	Inspeção Visual das peças processadas	3	192	Uso conforme as recomendações do ciclo de vida útil estabelecido pelo fabricante						
					Erro ao regular e posicionar os rebolos	7	X	Inspeção Visual	5	280	Inspeção de desempenho da máquina utilizando uma peça de vidro teste antes de iniciar a operação						
	Máquinas Funcionando	Máquinas indisponíveis	Atraso no processo	7	Falta de rebolos	6	X	Controle visual	3	126	Uso de planilha de controle de sobressalentes para o almoxarifado						
					Correia quebrada	5	X	X	6	210	Manutenção Preventiva (6 meses)						
					Problemas nas bombas hidráulicas	4	X	X	6	168							
					Pane no quadro elétrico	4	X	X	7	196							

Fonte: Autores (2023).

5.2 Procedimento operacional padrão - POP

Após as análises realizadas sobre os problemas enfrentados pela empresa e a constatação da criticidade no setor de lapidação, observou-se a necessidade de intervenções que melhorassem sua operacionalização. Esses procedimentos partem desde o princípio de mantabilidade, com a adoção de boas práticas e cuidados com as máquinas e equipamentos do setor, até conceitos de manutenção preventiva para garantir a disponibilidade dos recursos.

Com o objetivo de oferecer maior confiabilidade ao processo de lapidação, foi desenvolvido um Procedimento Operacional Padrão (POP) para resolver duas das maiores causas de perda de produtividade e qualidade da empresa em estudo, a regulagem e posicionamento dos rebolos e seus níveis de desgaste.

O POP é um documento que expressa o planejamento sistemático com detalhes para realização de uma atividade repetitiva com o objetivo de minimizar a ocorrência de desvios nos resultados esperados do processo. Nele deve conter instruções sequenciais das operações e a frequência de execução, especificando o responsável pela execução, a listagem dos equipamentos necessários, as peças e materiais utilizados na tarefa, a descrição dos procedimentos da tarefa e o roteiro de inspeção periódicas dos equipamentos de produção, assim como as datas de realização conforme necessário.

Para o desenvolvimento do POP foi observado à rotina operacional da lapidação, além das particularidades colhidas das experiências dos operadores. A proposta foi discutida com os operadores quanto sua viabilidade operacional, comparado às antigas práticas realizadas e o cenário atual do setor, além da linguagem utilizada no POP para que seja mantida a consonância com o grau de instrução das pessoas envolvidas, priorizando uma escrita simples e objetiva.

Todo conteúdo do POP, assim como sua aplicação, deve ter completo entendimento e familiarização por parte das pessoas que tenham participação direta e/ou indireta na eficiência do procedimento. Portanto, é necessária a realização de campanhas de conscientização e qualificação dos envolvidos. Para garantir o sucesso da aplicação, a gerência e supervisão são responsáveis pela revisão e aprovação do POP. A Figura 3 apresenta o POP desenvolvido para a regulagem e posicionamento dos rebolos e inspecionar os níveis de desgaste.

Figura 3 – POP para a regulagem e posicionamento dos rebolos e inspecionar seus níveis de desgaste.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO - POP	Nº. Do POP:
	Próxima Revisão:
	Páginação:
Elaborado por: João Victor Virgínio de Andrade	Data de Criação: 15/09/2016
Revisado por:	Data de Revisão:
Aprovador por:	Data de Aprovação:
Responsável pelo POP:	
Objetivo: Padronizar a regulagem e posicionamento dos rebolos e inspecionar os níveis de desgaste	
Setor: Lapidação	
Código da Máquina/Equipamento:	
Agente(s):	
SITUAÇÕES CRÍTICAS (POP Não se Aplica)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Detecção de rebolos com rachaduras; 2. Operação com tipo de vidro ainda não processado na empresa; 3. Máquina com risco de quebra eminente. 	
MATERIAS NECESSÁRIOS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. EPI's - Luvas de couro cano longo, protetor auricular, bota de proteção; 2. Ferramentas e utensílios (Alicates de pressão, martelo de borracha, trenas de medição e flanela); 3. Rebolos; 4. Peças testes de vidros; 5. Recipiente para guardar rebolos gastos e/ou quebrados. 	
SEQUÊNCIA DE TAREFAS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar situação da máquina (ligada ou desliga); 2. Retirar a proteção de vidro do local de posicionamento dos rebolos; 3. Verificar a existência de rebolos remanescente de operações anteriores; 4. Inspeccionar se os rebolos remanescentes possuem alguma avaria (trincas); 5. Em caso de rebolos remanescentes sem avarias, iniciar os testes; 6. Em caso de rebolos remanescentes comprometidos realizar substituição; 7. Posicionar os conjuntos de rebolos nos respectivos sistemas de tração da lapidadora; 8. Ligar a máquina em velocidade baixa e inspecionar a rotação dos rebolos para que não haja folgas; 9. Posicionar a peça de vidro teste de acordo com o vidro a ser processado sobre a esteira; 10. Retirar a peça de vidro teste após a lapidação; 11. Inspeccionar a existência de avarias (trincas, "ostras", arranhões, consumo da peça acima do esperado, etc.) na peça de vidro teste; 12. Em caso de existência de avarias, desligar a máquina e regular novamente os rebolos; 13. Em caso de não existência de avarias, realizar teste em velocidade normal de operação; 14. Inspeccionar a existência de avarias após teste em velocidade normal de operação; 15. Recolocar a proteção de vidro da lapidadora. 	
FINALIDADE DO PROCEDIMENTO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Evitar a produção de peças com avarias após a lapidação; 2. Evitar quebra de rebolo durante o processo. 	

Fonte: Autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Gestão da Manutenção torna-se cada vez mais importante à medida que as empresas industriais necessitam de adequação aos parâmetros competitivo do mercado atual, absorvendo o máximo de retorno dos seus recursos (capital, quadro colaborativo e matéria-prima) e dos seus ativos fixos (maquinário/equipamento e instalações). Manter os ativos disponíveis se torna um desafio extremamente necessário para a estratégia de crescimento e desenvolvimento empresarial. Dessa forma, as grandes perdas e as falhas no processo devem ser combatidas constantemente para não comprometam sua eficiência, competitividade e lucratividade.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram apresentadas ferramentas de apoio ao gerenciamento no setor de manutenção relacionado à confiabilidade do processo e qualidade dos produtos acabados, em uma empresa industrial de pequeno porte do setor de processamento de vidros de Campina Grande - PB. À medida que foram realizadas as

análises constatou-se que o setor de lapidação possui maior criticidade no processo, influenciando desde a produtividade e o atendimento dos prazos de entregas aos clientes, até a qualidade dos produtos acabados e suas respectivas causas potenciais.

Neste trabalho, foram contemplados diversos aspectos relacionados à manutenção com o objetivo de desenvolver sugestões de gestão estratégicas de acordo com o cenário atual da empresa. No entanto, já se sabia que não seria uma tarefa trivial, principalmente pela falta de aplicação dos conceitos preventivos da manutenção, sem nenhum tipo de controle histórico. Assim como, dificilmente conseguiria determinar um padrão de gerenciamento estratégico da função manutenção considerado o melhor para este caso.

A atual maneira na qual a empresa conduz a manutenção no seu processo produtivo, conforme foi apresentado nesse trabalho, está sujeita a falta de confiabilidade na disponibilidade dos seus ativos para atender a demanda de pedidos. Dessa forma, o sistema sugerido pela análise realizada nesse trabalho procurou alinhar as diretrizes do sistema produtivo, com foco na competitividade empresarial, satisfação do cliente, minimização dos desperdícios e dos custos com manutenção corretiva não planejada terceirizada.

O trabalho de pesquisa iniciou-se em julho de 2016 onde a observação dos fatos e as informações prestadas pelo próprio quadro colaborativo foram preponderantes para o levantamento dos dados analisados. De modo que, constatou-se os 5 pontos considerados como os mais críticos no momento atual e que precisam ser combatidos: ausência de manutenção preventiva; falta de rebolos e peças de reposição no almoxarifado; uso de rebolos desgastados, regulagem e posicionamento incorreto dos rebolos e a regulagem incorreta das máquinas.

Por fim, considera-se que foram alcançados os objetivos traçados para este trabalho com o uso das ferramentas de análises utilizadas e o sistema proposto com o uso da *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) ou Análise do Modo e Efeito de Falha e o desenvolvimento de um procedimento operacional padrão (POP) para a regulagem e posicionamento dos rebolos e inspecionar seus níveis de desgaste. Apesar de não existir um único método correto e ideal para o gerenciamento estratégico da manutenção, os conceitos, práticas e técnicas apresentadas neste trabalho, se aplicados corretamente, podem garantir excelentes resultados para a empresa em estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CB-003 Comitê Brasileiro de Eletricidade / CE 03:056.01 - Comissão de Confiabilidade. Confiabilidade e Manutenibilidade - NBR 5462 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Rio de Janeiro 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5462: Confiabilidade E Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CABRAL, José Paulo Saraiva. Gestão Da Manutenção, De Equipamentos, Instalações E Edifícios. (3ª ed.) atualizada e aumentada, Lidel, Lisboa, 2013.

COSTA, M. A. Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional. 2013. Universidade Federal de Juiz de Fora. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf>, acessado em 09 de julho de 2016.

FARIA, C. Diagrama de Causa e Efeito. InfoEscola, 2008. Artigo Eletrônico disponível em: < http://www.infoescola.com/administracao_/diagrama-de-causa-e-efeito/>, acesso em 15 de setembro de 2016.

FURTADO, Eduardo J. de A. A. Gestão de Manutenção em Empresas Têxteis de Grande Porte, Santa Catarina, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).

GIL, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos De Pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

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

LIMA, Heuber G. F. Concepção – Análise e Levantamento de Requisitos. 2011. Disponível em: < <https://heuberlima.files.wordpress.com/2011/08/senai-requisitos-aula3-brainstorming.pdf>>, acessado em 16 de setembro de 2016.

RELIASOFT BRASIL. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006. 142 p.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

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

PINTO, Alan K., XAVIER, Júlio A. N. Manutenção Função Estratégica, Rio de Janeiro, Qualitymarck Ed., 2001.

TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2000.

XAVIER, Julio Nascif. Manutenção Preditiva Caminho para a excelência. Disponível em:<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip>, 2005. Acesso em 09 de julho de 2016.