

COMPARTILHANDO SABERES CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO | Faculdade Unifametro Maracanaú

Resultado dos Trabalhos de
Conclusão de Curso 2020



ORGANIZADORES:
Jefferson Pereira Ribeiro
Danielle Kely S. de Lima
José Márcio F. Monteiro

ISBN: 978-65-5825-104-0

COMPARTILHANDO SABERES CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**FACULDADE UNIFAMETRO MARACANAÚ - Resultado dos Trabalhos de
Conclusão de Curso 2020**

**Jefferson Pereira Ribeiro
Danielle Kely Saraiva de Lima
José Márcio Feitosa Monteiro
(Organizadores)**

Centro Universitário – UNIESP

Cabedelo - PB
2022



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima

Pró-Reitora Acadêmica

Iany Cavalcanti da Silva Barros

Editor-chefe

Cícero de Sousa Lacerda

Editores assistentes

Márcia de Albuquerque Alves
Josemary Marcionila F. R. de C. Rocha

Editora-técnica

Elaine Cristina de Brito Moreira

Corpo Editorial

Ana Margareth Sarmiento – Estética
Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura
Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda
Érika Lira de Oliveira – Odontologia
Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia
Jancelice dos Santos Santana – Enfermagem
José Carlos Ferreira da Luz – Direito
Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia
Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores
Luciano de Santana Medeiros – Administração
Marcelo Fernandes de Sousa – Computação
Paulo Roberto Nóbrega Cavalcante – Ciências Contábeis
Maria da Penha de Lima Coutinho – Psicologia
Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária
Rita de Cássia Alves Leal Cruz – Engenharia
Rodrigo Wanderley de Sousa Cruz – Educação Física
Sandra Suely de Lima Costa Martins
Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

Copyright © 2022 – Editora UNIESP

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do(os) autor(es).

Designer Gráfico:

Mariana Morais de Oliveira Araújo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)**

C737 Compartilhando saberes científicos em engenharia de produção:
Faculdade Unifametro Maracanãu [recurso eletrônico] /
Organizadores, Jefferson Pereira Ribeiro, Danielle Kely
Saraiva de Lima, José Márcio Feitosa Monteiro. - Cabedelo,
PB : Editora UNIESP, 2022.
159 p.

Resultado dos Trabalhos de Conclusão de Curso 2021.1
Tipo de Suporte: E-book
ISBN: 978-65-5825-104-0

1. Produção científica – Engenharia de produção. 2. Indústria
têxtil. 3. Indústria siderúrgica. 4. Indústria cerâmica - Nordeste.
5. Segurança do trabalho. I. Título. II. Ribeiro, Jefferson Pereira.
III. Lima, Danielle Kely Saraiva de. IV. Monteiro, José Márcio
Feitosa.

CDU : 001.891:658.5

Bibliotecária: Elaine Cristina de Brito Moreira – CRB-15/053

Editora UNIESP

Rodovia BR 230, Km 14, s/n,
Bloco Central – 2 andar – COOPERE
Morada Nova – Cabedelo – Paraíba
CEP: 58109-303

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	05
1 O APERFEIÇOAMENTO DO TPM EM SETORES INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – Cícero Lidiano Felício dos Reis; Túlio Ítalo da Silva Oliveira; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro.	06
2 DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMULSÃO ASFÁLTICA À BASE DE UM ADITIVO ORIUNDO DE GLICERINA - Edson Paulo Soares Radnai; Túlio Ítalo da Silva Oliveira; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro.	35
3 PROCESSO DE FIAÇÃO OPEN END NA INDÚSTRIA TÊXTIL: OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE NA DECISÃO DE PARADA ATRAVÉS DE MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP) - Ivan Carlos Mendes Pereira; Luiz Cláudio Magalhães Florêncio; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro.	51
4 REAPROVEITAMENTO DO PÓ DE CICLONE DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NA INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO NORDESTE - Jardel Lima Mota; Kamila Lima do Nascimento; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro.	80
5 GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO COMO INTENSIFICADORA NA PRODUTIVIDADE E PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DOS FUNCIONÁRIOS DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL - Sâmia Pimentel Holanda; Karla Lúcia Batista Araújo; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro	98
6 AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA TERMOGRAFIA APLICADOS À MANUTENÇÃO INDUSTRIAL - Juliano Coelho Da Silva; Túlio Ítalo da Silva Oliveira; Danielle Kely Saraiva de Lima; Jefferson Pereira Ribeiro; José Márcio Feitosa Monteiro.	128

APRESENTAÇÃO

Esta obra se constitui da produção científica do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade UNIFAMETRO Maracanaú. Sua elaboração contou com a coordenação dos Professores (as) Danielle Kely Saraiva de Lima, Jefferson Pereira Ribeiro e José Márcio Feitosa Monteiro e a colaboração dos (as) Professores (as) e discentes, tendo como arcabouço empírico a compilação de Trabalhos de Conclusão de Curso dos anos de 2020, da instituição em epígrafe.

Desta forma, o(a) leitor(a) pode encontrar nesta produção uma diversidade de temas e metodologias que justificam sua relevância tanto no campo social, quanto no acadêmico, tendo como pano de fundo o cenário da Engenharia de Produção, o que pode vir a contribuir com as mais diversas e variadas pesquisas posteriores.

Uma excelente leitura a todos e todas!

O APERFEIÇOAMENTO DO TPM EM SETORES INDUSTRIAIS DO ESTADO DO CEARÁ: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cícero Lidiano Felício dos Reis
Túlio Ítalo da Silva Oliveira
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

Este estudo verificou a aplicabilidade da metodologia TPM nos setores industriais do estado do Ceará. Apresenta uma revisão bibliográfica da atividade de manutenção, destacando as modernas e diferentes formas de sua atuação. Também se realizou a descrição da configuração de um setor de produção na indústria em questão, detalhando a unidade observada nos aspectos relacionados à operação, manutenção e principais melhorias observadas. Assim são feitas sugestões para implementação da metodologia, com base na teoria exposta e na situação encontrada. Por meio da proposta de implementação exposta, pode-se concluir que a metodologia tem forte potencial de viabilizar ganhos para a empresa, através da redução dos custos de manutenção e do número de quebras dos equipamentos. Para atingir esse fim, realizou-se uma pesquisa bibliográfica. A TPM é um conjunto de atividades cujo compromisso está voltado para os resultados positivos dentro de uma empresa ou indústria independente do seu segmento, que tenha interesse em atingir a máxima eficácia do seu sistema de produção e assim elevar ao máximo o ciclo de vida útil dos equipamentos utilizando todos os seus recursos existentes, tendo como objetivo principal a perda zero. É imprescindível elaborar cuidadosamente os fundamentos para um programa TPM bem-sucedido. Daí a importância da formação de uma boa equipe multidisciplinar capaz de pensar e agir de forma adequada durante todo o processo produtivo. O cenário atual extremamente competitivo faz com que as empresas tenham uma busca constante de melhoria de seus processos. As empresas industriais, em particular, precisam garantir uma performance acima dos concorrentes.

Palavras-chave: Indústria; TPM; Redução de custo; Manutenção; Engenharia de Produção.

ABSTRACT:

This study verified the applicability of the TPM methodology in the industrial sectors of the state of Ceará. It presents a bibliographic review of the maintenance activity, highlighting the modern and different forms of its performance. A description of the configuration of a production sector in the industry in question was also carried out, detailing the unit observed in aspects related to operation, maintenance and main improvements observed. Thus, suggestions are made for implementing the methodology, based on the exposed theory and the situation found. Through the exposed implementation proposal, it can be concluded that the methodology has a strong potential to enable gains for the company, through the reduction of maintenance costs and the number of equipment breaks. To achieve this end, a bibliographic search was carried out. TPM is a set of activities whose commitment is focused on positive

results within a company or industry independent from its segment, which has an interest in achieving the maximum efficiency of its production system and thus maximizing the life cycle of its customers. Equipment using all its existing resources, with zero loss as the main objective. It is imperative to carefully lay the groundwork for a successful TPM program. Hence the importance of forming a good multidisciplinary team capable of thinking and acting properly during the entire production process. The extremely competitive current scenario means that companies are constantly looking to improve their processes. Industrial companies, in particular, need to ensure performance above competitors

Keywords: Industry; PMS; Cost reduction; Maintenance; Production engineering.

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, pode-se observar as empresas em uma incansável busca pela melhoria dos seus produtos e processos a fim de se manterem vivas no mercado, quer através da conquista de novos clientes, quer através da fidelidade dos já existentes. Em outras palavras, o que elas buscam é serem cada vez mais competitivas.

Neste sentido, as companhias têm utilizado diversas metodologias e ferramentas de gestão. Muitas destas abordam a empresa como um todo, outras são mais específicas para determinados setores. Independente da abordagem, essas metodologias estão sempre voltadas para o resultado do negócio.

Na literatura são encontradas inúmeras definições para o TPM, sendo que Bresciani (2009) ressalta que estes conceitos estão em evolução, alterando-se com o avanço tecnológico constante em que vivemos, além disso se modifica de empresa para empresa, pois cada uma aplica esse programa de acordo com suas características e necessidades (BRESCIANI, 2009).

Nestas indústrias, as falhas nos equipamentos geram desde perdas consideráveis de faturamento, com poucas horas de parada, até acidentes com grandes danos materiais, humanos e ambientais.

O objetivo geral deste trabalho foi verificar a aplicabilidade e implementação da metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM) em setores industriais do estado do Ceara.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total (TPM): é um sistema desenvolvido no Japão a fim de eliminar perdas, reduzir paradas, garantir a qualidade e diminuir custos nas empresas com processos contínuos. A sigla TPM foi registrada pelo JIPM ("Instituto Japonês de Manutenção de Planta"). A letra "T", de "Total", significa o envolvimento de todos os empregados. O propósito do TPM é atingir o menor número possível de acidentes, defeitos e avarias.

- Iniciou-se no Japão na década de 70, em uma das integrantes do Grupo Toyota, a Nippon Denso KK, mas chegou ao Brasil somente em 1986. Derivada da manutenção preventiva, original dos Estados Unidos, teve sua evolução conforme apresentam NASCIF e KARDEC (2009):

- Manutenção Preventiva em 1950: inicialmente adotada dentro do conceito de que intervenções adequadas evitariam falhas e apresentariam melhor desempenho bem como uma maior vida útil nas máquinas e equipamentos

- Manutenção com introdução de melhorias em 1957: criação de facilidades nas máquinas e nos equipamentos, objetivando facilitar as intervenções da Manutenção Preventiva e aumentar a confiabilidade.

- Prevenção de Manutenção em 1960: significa incorporar ao projeto das máquinas e equipamentos a não necessidade da manutenção. Aqui está a quebra de paradigma; a premissa básica para os projetistas é totalmente diferente das exigências vigentes.

- TPM em 1970: vários fatores econômico-sociais imprimem ao mercado exigências cada vez mais rigorosas, o que obriga as empresas a serem cada vez mais competitivas para sobreviver.

O TPM primeiramente foi implementado na indústria automobilística e rapidamente se tornou parte da cultura de corporação de companhias como Toyota, Nissan, Mazda, e seus fornecedores e afiliados. Posteriormente foi utilizado em indústrias de eletrodomésticos, microeletrônicos, ferramentas de máquinas, plásticos, filmes, e muitas outras.

Um grande número de indústrias de processo introduziu o TPM nos últimos anos em indústrias tais como: comida, borracha, refinamento de óleo, produtos

químicos, farmacêuticos, gás, cimento, fabricação de papel, ferro e aço, e impressão, dentre outros.

A inovação tecnológica nos anos 80 começou com a eletrônica. Apesar das reduções dos investimentos na fábrica, do número de funcionários e do consumo de energia provocado pela primeira crise de petróleo, o Produto Nacional Bruto (PNB) do Japão cresceu 14%, devido à inovação de tecnologia da fábrica e à instituição da produção com participação total, manutenção e tecnologias de controle de qualidade (Takahashi e Osada, 1993).

O TPM objetiva eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos. Também prepara e desenvolve pessoas e organizações aptas para conduzir as fábricas do futuro, dotadas de automação. Se as pessoas forem desenvolvidas e treinadas, é possível promover as modificações nas máquinas e nos equipamentos.

Os operadores passam a executar tarefas mais simples, que antes eram executadas pelo pessoal de manutenção tais como lubrificação, limpeza de gaxetas, medição de vibração e temperatura, troca de lâmpadas, sintonia em controladores, limpeza e troca de filtros, substituição de instrumentos, dentre outros, permanecendo a manutenção com as tarefas de maior complexidade.

Em resumo, é verdadeiro afirmar que a pessoa que mais conhece o equipamento e tem condições de afirmar quando bem treinado, onde exatamente está o problema do equipamento é o operador. Este conhecimento e a autonomia fazem com que o rendimento da máquina e a eficiência da linha sejam muito maiores (Nascif e Kardec, 2009).

Companhias que praticam o TPM invariavelmente alcançam resultados positivos, particularmente na redução de paradas de equipamento, minimizando perdas de tempo e pequenas paradas, diminuindo defeitos de qualidade e reclamações, impulsionando a produtividade, reduzindo trabalho, custos, inventários, eliminando acidentes, e promovendo o envolvimento dos empregados.

Através do TPM, um ambiente sujo, enferrujado, coberto de graxa, com vazamento de fluídos, e coberto de poeira, pode renascer um ambiente agradável e seguro. Clientes e visitantes ficam impressionados com tais mudanças, e confiam nos produtos da companhia.

Ao começar as atividades de TPM com a melhoria do ambiente de trabalho, minimização das paradas e melhoria da qualidade, os empregados se tornam motivados, aumentam o seu envolvimento e elaboram sugestões de melhoria: as pessoas começam a pensar no TPM como parte do trabalho (SUZUKI, 1994).

Nascif e Kardec (2009) indicam que na filosofia TPM, existe outro conceito importante que é o de Quebra Zero, por ser a quebra o principal fator a prejudicar o rendimento operacional. Considerando que as máquinas são projetadas para trabalhar com Zero Defeito, passa a ser obrigatório o equacionamento das medidas e soluções para atingir esse objetivo.

Importante ressaltar que quebra zero quer dizer máquina funcionando 100% do tempo em que estava programada para operar, o que não quer dizer que a máquina não pode parar. Para obtenção da quebra zero, é de suma importância: Garantir as condições básicas para operação tais como limpeza, lubrificação e ordem; Observar as condições de uso e operar os equipamentos dentro dos limites estabelecidos; Recuperar os equipamentos por envelhecimento para evitar possíveis quebras, eliminar e/ou minimizar as causas deste envelhecimento, restaurar periodicamente devolvendo as características originais do equipamento e ter o domínio das anomalias que provocam a degradação dos componentes internos; Corrigir os pontos falhos originados ainda no projeto e corrigi-los; Refazer a previsão da vida média útil por meio de técnicas de diagnóstico; Treinar e desenvolver as pessoas para que possam diagnosticar e atuar de acordo com a necessidade da empresa.

Shingo (1996) afirma que o Zero Defeitos pode ser alcançado não como resultado de um “programa” milagroso e salvador, mas como resultado de uma abordagem científica que se desdobra em um processo de aprimoramento contínuo, sempre sintonizado com a eliminação de todo e qualquer desperdício.

Segundo Suzuki (1994), para refletir a tendência de aplicação de TPM nos diversos departamentos, tais como: pré-produção, desenvolvimento do produto e comercial, foi necessária uma nova definição de TPM, com os seguintes componentes estratégicos: Construir uma constituição incorporada que maximizará a eficácia dos sistemas de produção; Usando uma metodologia de chão de fábrica, construir uma organização que previna todo tipo de perda, assegurando Zero Acidentes, Zero Defeitos e Zero Falhas na vida útil do sistema de produção; Envolver todos os departamentos na implementação do TPM, incluindo desenvolvimento, vendas e

administração; Envolver todos – desde a alta gerência até os empregados de chão de fábrica; Conduzir atividades de zero perda através de atividades de grupos pequenos.

Segundo Nakajima (1988), a implantação do TPM requer observação das 12 etapas conforme apresentado a seguir: 1ª etapa – Manifestação formal sobre a decisão de se implementar o TPM, ou seja, fazer com que todos os empregados sejam informados da mudança para a nova cultura do TPM; 2ª etapa – Iniciar a campanha de divulgação e treinamento para introdução do TPM; 3ª etapa - Estabelecer a estrutura para implantação do TPM; 4ª etapa - Criar as diretrizes para implementação do TPM; 5ª etapa - Desenhar um plano diretor para a implementação do TPM; 6ª etapa - Iniciar da implementação do TPM; 7ª etapa - Estabelecer o sistema para a melhoria da eficiência das máquinas; 8ª etapa - Estabelecer a implantação da manutenção espontânea; 9ª etapa - Estruturar a manutenção programada; 10ª etapa - Treinar para melhorar o nível de capacitação da operação e da Manutenção; 11ª etapa - Estruturar para condução da gestão dos equipamentos na sua fase inicial; 12ª etapa - Implementar efetivamente o TPM e a melhoria contínua de seus métodos.

2.1 OS NOVOS DOZE PASSOS DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO TPM

Semelhante aos passos de Nakajima, o TPM é normalmente implementado em quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação), que podem ser divididas também em 12 passos, segundo tabela 01 - (Suzuki, 1994).

Tabela 01 - Os Novos Doze Passos do Programa de Desenvolvimento do TPM

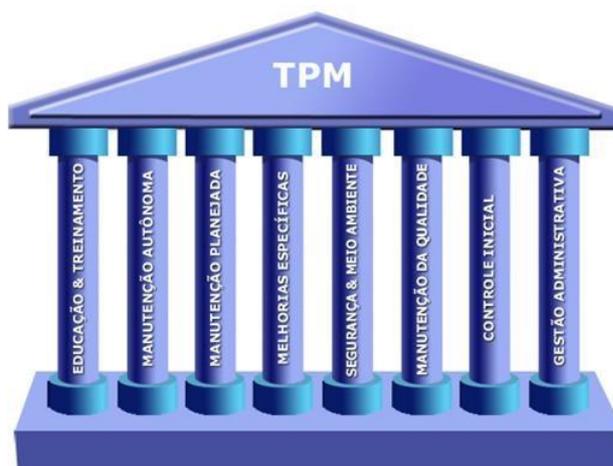
Passo	Ponto Chave
Preparação	
1. Formalmente anunciar decisão tomada de introduzir o TPM	A alta direção anuncia o programa em uma reunião interna; publicação em revista da companhia.
2. Conduzir educação introdutória e campanha publicitária do TPM	* Gerente sênior: treinamento de grupo para níveis específicos de gerentes. * Empregados: apresentação em slides
3. Criar uma organização de promoção do TPM	* Comitê diretivo e sub-comitês especializados. * Coordenação do TPM
4. Estabelecer política e objetivos básicos do TPM	* Estabelecer linhas de base e alvos. * Prever efeitos
5. Esboçar um plano mestre de implementação do TPM	Do estágio de preparação ao de aplicação para o Prêmio PM.
Introdução	Convidar clientes, afiliados e sub-contratantes.
6. Começo das iniciativas do TPM	
Implementação	Perseguir a máxima eficiência de produção.
7. Construir uma constituição corporativa designada a maximizar a eficiência da produção	
7.1 Conduzir atividades de melhoria focada	Atividades de time de projetos e de grupos pequenos de trabalho.
7.2 Estabelecer e organizar programa de manutenção autônoma	Proceder passo-a-passo com auditorias e certificados de aprovação em cada passo.
7.3 Implementar programa de manutenção planejada	* Manutenção corretiva * Manutenção de parada * Manutenção preditiva
7.4 Conduzir treinamento de habilidade de operação e manutenção	Educação de grupo para líderes de grupo os quais, então, passarão o treinamento para os membros.
8. Construir um sistema de gestão antecipada para novos produtos e equipamentos	Desenvolver produtos que são fáceis de se usar e equipamentos que são fáceis de se usar.
9. Construir um sistema de manutenção da qualidade	Estabelecer, manter e controlar as condições para zero defeitos.
10. Construir um sistema eficaz de administração e apoio	* Aumentar a eficiência da produção – apoio. * Melhorar e tornar mais eficiente as funções administrativas e os ambientes de escritórios.
11. Desenvolver um sistema para gerenciar saúde, segurança e meio ambiente	Assegurar ambientes sem acidentes e poluição.
Consolidação	
12. Manter uma completa implementação do TPM e aumentar níveis	* Inscrever-se para o Prêmio PM. * Objetivar melhores alvos.

Fonte: SUZUKI (1994).

2.2 OS OITO PILARES DO TPM

O TPM se encontra apoiado sobre oito pilares conforme se vê na (Figura 1), os quais constituem a base de um sistema que visa atingir o máximo de eficiência produtiva.

Figura 1 - Os Oito pilares do TPM



Fonte: NASCIF e KARDEC (2009)

Estes serão mais bem explicados a seguir.

2.2.1 Melhorias Específicas

Para Nascif e Kardec (2009), este pilar significa focar a melhoria global do negócio, procurando reduzir os problemas para melhorar o desempenho. Com o aumento da eficiência dos equipamentos, é possível obter a eliminação das perdas.

Atividade de melhoria enfocada é uma prioridade em qualquer programa de desenvolvimento do TPM e está no topo da lista dos seus oito fundamentos de desenvolvimento. É uma das mais importantes atividades do plano mestre do TPM, e sua implementação começa simultaneamente com o seu lançamento.

Para garantir a quebra de um círculo vicioso que impede a consolidação de uma Melhoria Específica, é necessário seguir o seguinte procedimento: (Nascif e Kardec, 2009).

- Selecionar um tópico
- Formar um time de projeto
- Registrar o tópico
- Implementar a melhoria
- Avaliar os resultados

A melhoria específica inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global dos equipamentos, processos e plantas através de uma intolerante eliminação de perdas e da melhoria de rendimentos.

Uma melhoria feita de acordo com este procedimento é uma melhoria focada, distinguida da geral melhoria contínua do dia a dia. Ela é caracterizada pelos times de projetos que incluem engenharia, manutenção, produção e pessoal especializado e por uma metodologia cuidadosamente planejada e monitorada (Suzuki, 1994).

2.2.2 Manutenção Autônoma

Também conhecido como Jishu Hozen, é considerado um dos pontos de maior destaque da metodologia TPM. Consiste na participação dos operadores na realização de atividades de manutenção mais simples, tais como lubrificação, limpeza e inspeção.

Xenos (1998) afirma que, com a realização de pequenas atividades de manutenção, os operadores se aproximam mais dos equipamentos.

Consequentemente, eles passam a conhecê-los melhor e adquirem uma capacidade apurada de detecção de anomalia nos equipamentos, possibilitando que falhas sejam evitadas. Essas atividades também ocasionam mudanças na rotina dos operadores, podendo funcionar como agente motivador.

Segundo Suzuki (1994), a Manutenção Autônoma é um processo de capacitação de operadores, tornando-os aptos a manter os equipamentos em situação básica e sugerindo melhorias, mudando o conceito de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuidado eu”.

A Manutenção Autônoma é desenvolvida nas habilidades dos operadores em sete passos (Suzuki, 1994):

- 1º passo: Limpeza inicial;
- 2º passo: Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso;
- 3º passo: Elaboração de normas provisórias de limpeza, inspeção e lubrificação;
- 4º passo: Inspeção Geral;
- 5º passo: Inspeção Autônoma;
- 6º passo: Padronização;
- 7º passo: Gerenciamento autônomo.

Segundo Yamaguchi (2005), limpar, lubrificar e verificar as peças do equipamento frequentemente inibe o aparecimento de falhas. Esta prática realizada pelos operadores permite que o pessoal de manutenção se concentre nas atividades mais sofisticadas.

Para viabilizar o lema “do meu equipamento cuidado eu” são necessárias além de capacidade de fabricar produtos, quatro habilidades para se realizar a manutenção dos equipamentos pelo pessoal da operação:

- Capacidade para descobrir anormalidades: possuir visão acurada para distinguir os problemas e, em alguns casos, prevenir maiores prejuízos. Campos (1999) define as anomalias como “quebras de equipamentos, qualquer tipo de manutenção corretiva, defeitos de produtos, refugos, retrabalhos, insumos fora de especificação, reclamações de clientes, vazamentos de qualquer natureza, paradas de produção por qualquer motivo, atrasos nas compras erro em faturas, erro de previsão de vendas, etc. Em outras palavras, são todos os eventos que fogem do normal”.

- Capacidade de tratamento e recuperação: conseguir executar com rapidez as

medidas corretas em relação às anormalidades. De acordo com o grau da anormalidade, é necessário tomar medidas mediante as avaliações precisas, relatando ao superior, à manutenção ou a outros departamentos.

□ Capacidade para estabelecer condições: saber definir quantitativamente os critérios de julgamento de uma situação normal ao anormal. Para isto, nos equipamentos devem estar definidos os níveis de trabalho no que se referem às pressões, temperatura, velocidade e outros.

□ Capacidade de controle para manutenção da situação: cumprir rigorosamente as regras definidas. A prevenção antes da ocorrência da anomalia é que vai permitir a utilização segura do equipamento. Para tanto, é necessário cumprir as regras definidas, tais como: normas básicas de limpeza, lubrificação e inspeção autônoma.

Por outro lado, quando as regras não podem ser cumpridas, devem-se examinar as razões pelas quais elas não são respeitadas, revisando-se os métodos de inspeção e promovendo melhorias no equipamento de forma a facilitar o cumprimento das regras.

2.2.3 Manutenção Planejada

Para Nascif e Kardec (2009), este pilar significa ter o controle e planejamento da manutenção, o que exige treinamento em técnicas de planejamento (software), utilização de um sistema mecanizado de planejamento da programação diária e do planejamento de paradas.

A gestão do equipamento assegura que o mesmo funcione e desempenhe como é esperado por toda sua vida útil: do planejamento até a fabricação, instalação e operação até o produto final.

Segundo Suzuki (1994), a manutenção planejada normalmente se estabelece para alcançar dois objetivos: manter o equipamento e o processo em condições ótimas e alcançar a eficácia e eficiência em custos. Em um programa de desenvolvimento de TPM, a manutenção planejada é uma atividade metodicamente estruturada para buscar esses objetivos.

- No TPM, a manutenção planejada se baseia em dois pontos: na manutenção autônoma da produção e no departamento de manutenção especializada. Em um sistema de manutenção planejada, o pessoal de manutenção realiza dois

tipos de atividades:

- Atividades que melhoram o equipamento: apoio à manutenção autônoma, manutenção planejada em 6 passos, manutenção por melhoria, prevenção da manutenção, manutenção preditiva.
- Atividades que melhoram a tecnologia e habilidades de manutenção: capacitação dos especialistas de manutenção, capacitação para reparo de equipamentos, capacitação de inspeções e medições, capacitação e técnicas de diagnóstico, novas tecnologias de manutenção.

Segundo Suzuki (1994), estabelecer um sistema de manutenção planejada exige uma preparação cuidadosa e muito trabalho. Tentar fazer tudo de uma só vez é ineficaz. É necessário desenvolver as atividades na sequência abaixo, com todos os departamentos relevantes cooperando em cada passo: Passo 1: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais; Passo 2: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos; Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação; Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica; Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva; Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada.

2.2.4 Educação e Treinamento

Segundo Suzuki (1994), as companhias ostentam por desenvolver continuamente seus recursos humanos e assegurar que todos os empregados exerçam seu potencial total.

O TPM objetiva criar ambientes cooperativos capazes de responder positivamente ao clima de transformações dos negócios, aos avanços tecnológicos, à sofisticação do equipamento e à inovação do gerenciamento.

São essenciais nestes ambientes, pessoas que entendam do equipamento intimamente. Os operadores devem estar dispostos e serem capazes de cuidar dele sozinhos. Enquanto isso, o pessoal da manutenção deve adquirir a tecnologia e as técnicas indispensáveis para agir como guardiões profissionais. Igualmente, os projetistas do equipamento e os engenheiros de produção devem dominar a tecnologia de engenharia, as técnicas de gerenciamento e as habilidades gerenciais

para cumprir suas funções exigidas. Sem isto, os benefícios do esforço do TPM em grande escala permanecem como um sonho impossível.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma metodologia que visa o engajamento de toda a organização nas atividades de manutenção, de acordo com suas responsabilidades e posição hierárquica, incluindo os operadores das máquinas, passando pelos grupos de apoio, até a direção. A incumbência dos cuidados que a linha precisa não é apenas da equipe de manutenção, os operadores que por sua vez contribuem com sua análise e conhecimento, os gestores são responsáveis pelo direcionamento das atividades e a direção alocar os recursos necessários. Segundo Oliveira et al (2009),

Na prática, os departamentos de produção tendem a focar exclusivamente na produção, enquanto os departamentos de manutenção se preocupam com a grande quantidade de quebras. As companhias que negligenciam a tecnologia de manutenção e o treinamento das técnicas se tornam mais propícios às falhas do equipamento, tempo inativo, pequenas paradas e defeitos de qualidade originados pelo equipamento. (SUZUKI, 1994) Segundo Tavares (1999), busca-se planejar a capacitação dos operadores, mantenedores e engenheiros de produção (operação e manutenção) com o objetivo de que alcancem as características relacionadas abaixo:

- Operadores: profissionais capazes de realizar atividades de manutenção, de forma espontânea (limpeza, lubrificação, inspeção, pequenos ajustes e medição);
- Mantenedores: profissionais capazes de realizar atividades múltiplas (originalmente mecatrônico = mecânico + eletrônico, hoje ampliado ao desenvolvimento de atividades de análise de ocorrências - aplicação das sete ferramentas da qualidade total);
- Engenheiros de produção: profissionais capazes de avaliar, revisar e projetar equipamentos com reduzida necessidade de intervenção e alta manutabilidade.

Também é papel do pilar de educação e treinamento identificar as deficiências existentes, para que possam ser eliminadas. Além disso, deve promover o desenvolvimento das habilidades existentes.

Assim, este pilar tem como objetivo promover um sistema de desenvolvimento de todas as pessoas, tornando-as aptas para o completo desempenho de suas atividades.

2.2.5 Controle Inicial

Segundo Tavares (1999), o controle inicial consiste no estabelecimento de um sistema que gerencie a fase inicial de novos projetos e equipamentos. Ele deve, de uma maneira sistematizada, evitar a ocorrência de falhas no início dos projetos e estabelecer políticas de monitoramento.

A participação junto ao fornecedor nas etapas de especificações do projeto, através da troca de informações, é outro importante ponto deste pilar para o alcance de melhor desempenho de seus novos equipamentos.

Segundo Suzuki (1994), à medida que os produtos fornecidos aos clientes se diversificam e seus ciclos de vida se tornam mais curtos, cresce a importância de se encontrar maneiras de tornar mais eficiente o desenvolvimento de novos produtos. Um dos objetivos do TPM é de otimizar o tempo de desenvolvimento inicial até a produção em escala e atingir um funcionamento correto.

É vital desenvolver produtos de qualidade prontamente assegurada, que antecipa as necessidades do usuário, competitivos, fáceis de serem vendidos e produzidos.

Ao mesmo tempo, no entanto, a transição entre o desenvolvimento e a produção em escala deve ser rápida e com o mínimo de problemas. Para cumprir isso, deve-se identificar as variáveis de produção (equipamento, material, pessoal e métodos) exigidas para colocar os produtos no mercado, e maximizar o retorno de investimentos.

Particularmente em indústrias de processo, itens de equipamentos são frequentemente personalizados para especificações individuais (desenho, fabricação e instalação com urgência). Sem um Controle Inicial rigoroso, tal equipamento inicia a fase de operação de teste com muitos defeitos escondidos.

Isso é descoberto pela frequência com a qual o pessoal da manutenção e da produção descobre os defeitos suscitados no desenho, fabricação e instalação durante as paradas de manutenção e reinício de funcionamento. (SUZUKI, 1994)

Para Nascif e Kardec (2009), o TPM dá a mesma importância ao controle inicial do produto, ao controle inicial do equipamento, e às outras atividades do TPM. A base do controle inicial é a avaliação do desempenho econômico (otimizar o custo do ciclo de vida) e o projeto de manutenção preventiva.

Na prática, quando o equipamento é remodelado ou recentemente instalado, os problemas que surgem na fase de comissionamento, atrasam com frequência a sua conclusão. Isso ocorre quando, durante a fase de controle inicial, os times de projetos falham na confiabilidade, manutenibilidade, operabilidade, economia e segurança. Para encurtar a operação de teste e atingir um início imediato, livre de problemas, é necessária a utilização de todas as habilidades técnicas para depurar os problemas potenciais nas fases de planejamento, ou seja, exige o estabelecimento de um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos e equipamentos. Também implica eliminar falhas iniciais e implantar sistemas de monitoramento.

2.2.6 Manutenção da Qualidade

Para Haroldo Ribeiro (2010), a manutenção da qualidade consiste de atividades que estabelecem condições dos equipamentos que não produzem defeitos no produto. Estes defeitos são prevenidos através de verificação e medição periódicas das condições dos equipamentos. Que se torna possível a partir estabelecimento dos componentes do programa de gestão da qualidade, que são: liderança, envolvimento dos funcionários (Empowerment), ou seja, empoderamento da equipe, excelência do produto ou processo e o foco no cliente. (FAVORON, 2012).

Desta forma, os defeitos potenciais são previstos pela análise de tendências de valores relacionados aos limites específicos e posteriormente tomadas de ação. As origens dos defeitos podem ser classificadas conforme abaixo.

- **Materiais:** a correta especificação de materiais e o desenvolvimento de fornecedores qualificados trazem como consequência a tendência de produtos sem defeitos.
- **Equipamentos:** pesquisar equipamentos que não produzem defeitos e melhorar os que produzem é outra forma de atingir produtos livres de defeitos;

- Métodos: encontrar métodos que não criam defeitos além de melhorar aqueles que criam é fundamental para a obtenção do Zero Defeito;
- Pessoas: desenvolver operadores competentes através da manutenção autônoma e treinamento em habilidades tem como consequência óbvia a detecção de anormalidades, a correção e restauração e a manutenção e controle da qualidade.

Segundo Suzuki (1994), a qualidade depende grandemente das condições dos equipamentos. A manutenção da qualidade é indispensável, principalmente em indústrias de fabricação e montagem que estão se tornando grandemente automatizadas. Em ambientes onde a intervenção humana está diminuindo, os objetivos da manutenção da qualidade são de manter e constantemente melhorar a qualidade através de uma manutenção eficaz do equipamento.

Em muitas indústrias, a qualidade do produto é obtida através do processo. As etapas de desenvolvimento de novos produtos, entretanto, estão acelerando, e a grande diversidade de matéria prima e produtos atuais necessitam ainda mais de frequentes mudanças. Para cooperar com isso, departamentos de produção têm o objetivo de garantir qualidade através do gerenciamento do equipamento.

Para Takahashi e Osada (1993), a manutenção da qualidade do produto e a garantia da sua homogeneidade têm se tornado importantes tarefas das atividades de produção. O trabalho no equipamento é um dos pontos centrais da produção, pois as condições das máquinas afetam significativamente a garantia da qualidade. Desta forma, a ideia básica é assegurar a continuidade e o aprimoramento de um alto nível de qualidade através da manutenção efetiva dos equipamentos. Eles dividem a manutenção da qualidade em 10 etapas: 1) Confirmação do estado atual: obter pontos de referência e metas para a manutenção da qualidade; 2) Pesquisa dos processos que geram defeitos e obstruem a qualidade; 3) Pesquisa e análise das condições da fábrica: quais materiais, equipamentos, energia, métodos ou verificações eliminam defeitos, examinando-se desenhos, padrões, linhase produtos, usando-se as condições de 4 Ms. Essas condições são julgadas e os pontos defeituosos são extraídos, caso as condições não atendam os padrões; 4) Estudar medidas de combate: os pontos defeituosos identificados da etapa 3 são relacionados para cada processo da unidade para um estudo das medidas de

combate. Se as medidas puderem ser tomadas imediatamente, as pessoas encarregadas delas são selecionadas para implantar o Kaizen; 5) Analisar as condições para produtos não defeituosos que não estão confirmadas: se as medidas adotadas na etapa 4 não podem ocorrer, analisa-se a lista de defeitos através de outras técnicas tais como a Análise PM; 6) Kaizen de defeitos: implanta-se o Kaizen através das medidas de combate na etapa. Os resultados devem ser avaliados há um determinado tempo, verificando se as características de qualidade definidas foram satisfeitas; 7) Definir as condições da fábrica: as condições e padrões que impedem os defeitos da fábrica obtidos na etapa 3 são novamente examinados; 8) Aprimorar método de verificação: as condições da fábrica definidas na etapa 7 devem ser tomadas e inspecionadas; 9) Decidir o valor do padrão de verificação; 10) Revisar o padrão: determinar se as condições de cada um dos padrões que evitam defeitos estão sendo mantidas.

Segundo Tavares (1999), um programa de manutenção da qualidade gera lucros através de atividades fundamentais de TPM, tais como, a manutenção autônoma, a melhoria específica, a manutenção planejada e o treinamento de operação e de habilidade de manutenção. No entanto, há várias pré-condições para um programa de manutenção da qualidade com sucesso: eliminar a deterioração acelerada, eliminar problemas de processo e desenvolver operadores competentes.

O departamento de controle de qualidade deve ser responsável por promover a manutenção de qualidade em toda a companhia ou planta. Os projetos que atravessam uma grande variedade de processos ou que exigem tecnologia avançada devem ser enfrentados por times de projetos liderados pelos gerentes do departamento. Projetos mais fáceis podem ser direcionados por pequenos grupos no local de trabalho. Após os times estabelecerem as condições para zero defeito, os operadores devem manter e controlar a maioria destas condições como parte da manutenção autônoma.

Portanto, manutenção da qualidade é estabelecer um programa de zero defeito, eliminando todas as perdas relativas à qualidade do equipamento que estejam afetando diretamente o produto.

2.2.7 TPM em Departamentos de Apoio e Administrativos

As companhias têm a necessidade de implementar TPM em departamentos de apoio e administrativos pois necessitam se diferenciar de seus competidores em qualidade e custo. Estes são alguns desafios que os gerentes enfrentam (Takahashi e Osada, 1993).

Para Suzuki (1994), os departamentos administrativos devem cooperar intensamente para assegurar que o departamento de produção não tenha desperdícios.

Enquanto isso, as companhias devem estabelecer regras de fabricação de uma maneira que possibilite que o departamento de produção preencha as encomendas na hora certa, na qualidade e custo que os departamentos de desenvolvimento e de engenharia prescrevem. Isto não é responsabilidade do departamento de produção sozinho, existe a exigência de um programa de TPM que abrace a companhia toda, incluindo os departamentos administrativos e de apoio.

Os departamentos administrativos aumentam sua produtividade pela documentação dos sistemas administrativos e pela redução das perdas e dos desperdícios. Eles podem ajudar a levantar a eficácia do sistema de produção pela melhoria de cada tipo de atividade organizada que apoia a produção. Suas contribuições para a direção do negócio devem ser mensuráveis.

Diferente dos departamentos de produção, os departamentos tais como o de planejamento, desenvolvimento, engenharia, e de administração não acrescentam valor diretamente. Como peritos em sua área particular, sua responsabilidade principal é processar informação, aconselhar e ajudar com as atividades do departamento de produção e de outros departamentos, e auxiliar na redução de custos.

Segundo Tavares (1999), a informação dos departamentos, tais como o de engenharia e de administração, desencadeia ação no departamento de produção. Por isso, a qualidade, a precisão e o tempo desta informação afetam a produção.

O modo como a informação é manipulada é a principal preocupação do TPM nos departamentos de apoio e administrativos. No TPM o trabalho em tais departamentos é tratado como análogo a um processo de produção (ex: como a fabricação da informação), com procedimentos administrativos vistos como

contrapartida do equipamento de produção. Para Suzuki (1994), a abordagem descrita a seguir, sistematiza a experiência de muitas companhias que implementaram o TPM em seus departamentos de apoio e administrativos.

Os principais elementos são: Começar com o conceito de criar “fábricas de informação”; Aplicar a abordagem do equipamento ao trabalho de apoio e administrativo; Criar uma visão de como cada departamento deve ser e empenhar-se para realizá-lo; Empenhar-se para alcançar resultados mensuráveis.

Um departamento administrativo produz informação. Idealmente, ele inclui informação bruta e acrescenta valor a ela pelo processamento e compilação da mesma. A informação que ele fornece deve ser de alta qualidade, precisa, de baixo custo, e suprida de uma maneira que seja útil para aqueles que precisam dela. No tempo adequado é igualmente importante.

Para alcançar isso, os processos que produzem a informação, como os processos de produção, devem ser fáceis de ver e monitorar.

De acordo com Nakajima (1989), a visão de um departamento é uma imagem ideal de suas funções exigidas, baseada na natureza dos negócios da companhia. Estabelecer uma visão clara é o dever dos gerentes do departamento. Sua missão é o trabalho que ele deve desempenhar para realizar sua visão. A missão estabelece como o departamento deveria desempenhar para cumprir suas funções essenciais. Por isso, a declaração da visão e da missão de um departamento mapeiam as condições ótimas do departamento ou o estado ideal.

O objetivo da campanha do TPM de qualquer departamento é trazer sua visão e missão para a realidade. Se, no entanto, as funções dos diferentes departamentos não se engrenam suavemente sem brechas ou descontinuidades, várias perdas podem surgir durante o ciclo de vida do sistema de produção. Essas perdas atrapalham os esforços para melhorar a eficácia total do sistema. Quando promover o TPM em um departamento de apoio e administrativo, é importante estabelecer uma visão e uma missão compatíveis com aquelas de outros departamentos.

Enfim, o TPM em departamentos de apoio e administrativos tem como objetivo a disseminação do programa nas áreas administrativas visando o aumento de sua eficiência e otimização da geração de informações.

2.2.8 Segurança e Meio Ambiente

Para Tavares (1999), o pilar de segurança e meio ambiente tem como objetivo estabelecer um sistema que previna a ocorrência de acidentes, garanta condições de trabalho que não comprometam a saúde do trabalhador e evite que qualquer tipo de agressão ao meioambiente ocorra.

Também é tarefa deste pilar avaliar os custos diretos e indiretos dos acidentes e afastamentos, além de acompanhar o andamento das ações planejadas para a garantia do zero acidente.

Segundo Suzuki (1994), assegurar a confiabilidade do equipamento, prevenir o erro humano, e eliminar acidentes e poluição são doutrinas básicas do TPM. É por isso que a Gestão de Segurança e do Ambiente é atividade chave em qualquer programa de desenvolvimento do TPM. Implementar completamente o TPM melhora a segurança de muitas maneiras, por exemplo:

- O equipamento com falhas é uma fonte comum de perigo, assim as campanhas parazero falha melhoram a segurança;
- A aplicação minuciosa dos princípios de 5S (como parte da manutenção autônoma) elimina vazamentos e derramamentos e torna os locais de trabalho limpos, arrumados e bem organizados;
- A manutenção autônoma e as melhorias focadas eliminam as áreas inseguras;
- Os operadores treinados no TPM cuidam de seu próprio equipamento e são mais capazes de detectar anomalias mais cedo e tratá-las prontamente;
- Os operadores assumem responsabilidades por sua própria saúde e segurança;
- Os padrões e regulamentos desenvolvidos em um programa de TPM são aderidos mais minuciosamente.

Uma fábrica é um complexo vasto de máquina e homens. Para eliminar acidentes e poluição, é necessário dar passos específicos para fortalecer a organização e a gestão de ambos (pessoas e equipamentos). É um requisito, construir um sistema de gestão para toda a companhia que possa apoiar, promover e dirigir a criação de locais de trabalho seguros, livres de poluição e hospitaleiros.

Dois fatores ajudam as pessoas a adquirirem atitudes gerais de zero acidente, zero poluição (Suzuki, 1994):

- A prática diária como parte do gerenciamento do local de trabalho e de materiais no piso da fábrica;
- O pessoal da planta e os funcionários devem entender um ao outro e trabalharem eficazmente juntos.

As fábricas têm o potencial para causar acidentes, e os acidentes podem ocorrer se o pessoal não tratar das anomalias corretamente. Isso não implica, no entanto, que os acidentes são inevitáveis. Para prevenir acidentes originados no equipamento, é necessário a implementação das estratégias de segurança relacionadas ao TPM.

Para Takahashi e Osada (1993), as melhores garantias de segurança são pequenos grupos de operadores de alto conhecimento que conhecem bem seu equipamento e processos. Para criar um sistema livre de acidentes, livre de poluição, o ideal é que se estabeleça um programa de atividades diárias que os operadores realizem sozinhos. Um ambiente seguro se torna assim apenas através da iniciativa própria das pessoas, não pode ser forçado.

Enfim, a construção de um sistema seguro visa o estabelecimento de um sistema de saúde, segurança e meio ambiente com intuito de atingir zero acidente e eliminar toda condição que afete a segurança.

2.3 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

A (*Overall Equipment Effectiveness* - Eficiência Global do Equipamento) OEE é um Indicador de Performance (Key Performance Indicator – KPI), o qual provê uma visão holística da utilização das máquinas. Isso leva uma organização a examinar todos os aspectos do desempenho das máquinas no intuito de assegurar que estão obtendo o máximo benefício de um equipamento considerando as condições que existem em seu ambiente (NAKAJIMA, 1989).

Este indicador considerado como a evolução métrica do processo TPM, é mensurado a partir da estratificação das seis grandes perdas, e calculado por meio do produto dos índices de disponibilidade, performance e qualidade (NAKAJIMA, 1989).

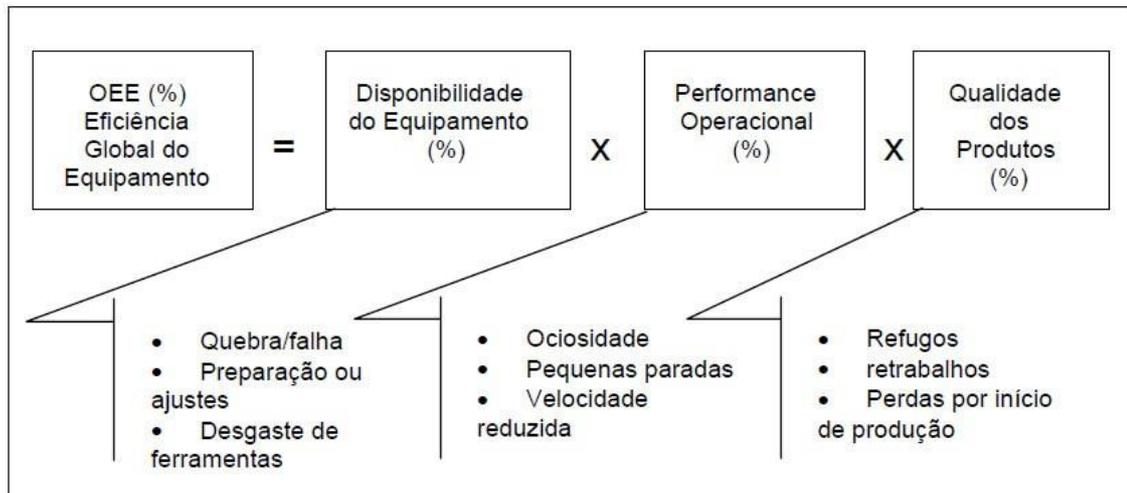
O TPM tem como uma de suas principais metas fazer com que os equipamentos tenham 100% de disponibilidade e operem com a maior eficiência possível. O estudo das seis grandes perdas é essencial, pois afetam diretamente nestes dois aspectos (NAKAJIMA, 1989). São elas: 1) Quebra; 2) Mudanças de linha (setup); 3) Pequenas paradas; 4) Velocidade reduzida em relação à nominal; 5) Defeitos e retrabalho; 6) Queda no rendimento

Um equipamento só poderá obter uma boa eficiência se estiver disponível e em plena condição de uso, ou seja, quanto mais tempo disponível, mais o equipamento poderá produzir. Operando com os equipamentos em eficiência máxima e visando a “quebra zero”, a organização deverá alcançar melhores indicadores de produção e aumento na lucratividade.

A multiplicação dos três fatores (disponibilidade, performance e qualidade) na forma percentual, determina o índice de Eficiência Global do Equipamento, como na Figura 2.

O índice de OEE é diretamente afetado pela manutenção, neste sentido, de acordo com Zuashkiani (2011), a mesma deixou de ser vista como despesa para ser tratada como investimento. Visto que a performance é prejudicada por qualquer interrupção inesperada de seu funcionamento, ou seja, paradas não planejadas, avarias. A qualidade é retratada pela condição em que se encontra a máquina, defeitos podem ser causados por peças que apresentam desgaste e imperfeições. A disponibilidade aumenta ou diminui conforme a proporção das falhas e a eficiência da equipe de manutenção em corrigi-las levando em consideração suas habilidades diante do problema.

Figura 2 - Fatores para determinação do OEE



Fonte: Adaptado de NAKAJIMA (1989).

Os indicadores apresentados na Figura 2 podem ser obtidos por meio das fórmulas apresentadas a seguir:

- Índice de disponibilidade: leva em consideração as perdas por paradas não planejadas, as quais estão incluídos quaisquer eventos que parem uma produção planejada por um espaço de tempo considerável (geralmente muitos minutos – longo suficiente para cadastrar este evento). Exemplos disso incluem falhas de equipamentos, falta de material e tempo de mudança de linha e/ou regulação (Setup). O tempo de Setup está incluído no cálculo de OEE, pois é um tipo de parada de produção. Mesmo que seja impossível eliminar o tempo de Setup, na maioria dos casos pode ser reduzido. O tempo restante disponível é chamado de “Tempo Disponível”. O Índice de Disponibilidade pode ser calculado por meio da equação:

$$\text{Disp (\%)} = \frac{\text{Tempo Total Prog.} - \text{Paradas Planejadas} - \text{Paradas Não Planejadas}}{100 \times \text{Tempo Total Programado} - \text{Paradas Planejadas}}$$

Onde:

- ↗ Tempo Total Programado: tempo programado para o equipamento com base na demanda de produção associada ao equipamento;
- ↗ Paradas Planejadas: tempo programado para descanso, almoço, reuniões, treinamentos, manutenção planejada;
- ↗ Paradas Não Planejadas: tempo gasto com paradas inesperadas, como por

exemplo, manutenção corretiva, mudança de linha e/ou regulagens.

Índice de Performance Operacional: leva em consideração a perda de velocidade, a qual inclui qualquer fator que pode fazer com que o processo de manufatura opere abaixo da sua velocidade máxima. Exemplos disso podem ser equipamentos desgastados, insumos de qualidade inferior, máquinas carregadas de maneira irregular, ineficiência do operador, pequenas paradas não registradas, etc. O Índice de Performance Operacional pode ser calculado conforme equação:

$$\text{Perf. (\%)} = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo} \times \text{total de peças produzidas} \times 100}{\text{Tempo total programado} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}}$$

$$\text{Tempo total programado} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}$$

- Índice de Qualidade de Produto: leva em consideração a Perda da Qualidade, a qual se dá pelo número de peças produzidas que não atendem aos padrões mínimos de qualidade estabelecidos pela empresa (refugos) e também pelas peças que necessitarão retrabalho. O Índice de qualidade de produto pode ser calculado conforme equação:

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Total peças produzidas} - (\text{Total de Refugos} + \text{Retrabalho}) \times 100}{100}$$

Empresas que utilizam o OEE para medição da eficiência dos equipamentos, em geral se deparam inicialmente com valores entre 30% e 60%. (NAKAJIMA, 1989)

Para Nakajima (1989), se os índices de disponibilidade, performance e qualidade forem constituídos por dados confiáveis, um OEE de 85% ou maior, é considerado um excelente índice de eficiência global para a empresa. É importante ressaltar que muitas das vezes a impressão que se toma de um OEE não é correta.

Por exemplo, pode-se avaliar um equipamento cuja capacidade é de 10.000 peças/hora, e que o índice de disponibilidade é de 70%, o de performance é 70% e o de qualidade é de 70%. Desta forma, algumas pessoas podem ser influenciadas a pensar que este equipamento tem um OEE de 70%, e, portanto, sua produção deve ser de 7000 peças/hora. Entretanto, considerando-se cada um dos índices individualmente, obtém-se que esse equipamento trabalha apenas 70% do tempo total

disponível para a produção, dessa forma sua produção cai de 10000 peças/hora para 7000 peças/hora. Considerando-se agora o índice de performance de 70%, este número cai para 4900 peças/hora. Por fim, considerando-se o índice de qualidade onde apenas 70% das peças produzidas são de boa qualidade, podemos dizer que a capacidade final de produção é de 3430 peças/hora, ou seja, um OEE de 34,3%.

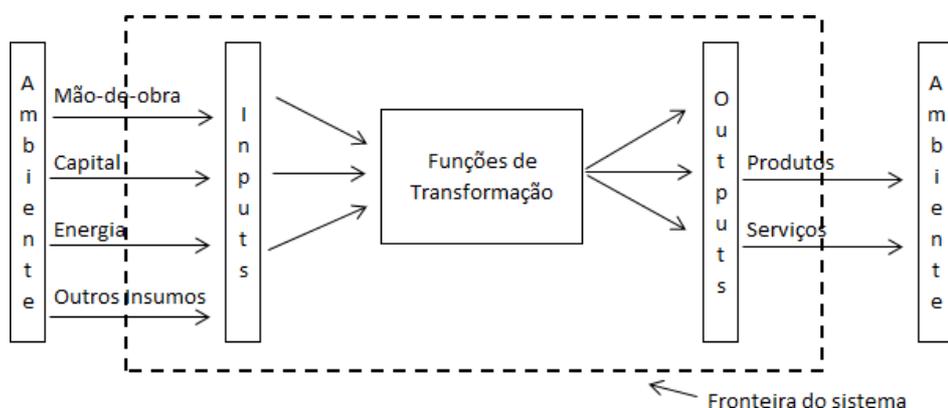
2.4 MÉTRICAS FINANCEIRAS

Os tópicos tratados até o momento apresentaram ferramentas que permitiram às inúmeras empresas melhorarem seus processos produtivos e conseguir otimizar seus recursos, bem como adequarem suas áreas de manutenção e criarem um espírito de propriedade em operadores de forma a aumentar eficiência e condições de equipamentos.

Além destes pontos, é muito importante apresentar os ganhos financeiros oriundos destas ações trazidas com o TPM, ou a produtividade que se tem otimizando os recursos financeiros aplicados na produção de bens ou serviços.

Segundo Martins e Laugeni (2001), pode-se definir como produtividade total a relação entre as saídas (output – bens ou serviços) e os fatores de entrada (input – recursos), tendo como principal objetivo avaliar os impactos dos fatores de input na produção do output. A Figura 3 - ilustra a relação entre as entradas e saídas.

Figura 3 - Sistema de Produção



Fonte: MARTINS e LAUGENI (2001).

Levando-se em consideração os recursos utilizados na fabricação dos produtos têxteis da empresa em estudo, tem-se todos os custos com mão de obra,

energias (térmica e elétrica), serviços de terceiros dentre outros que, juntos, permitem à fábrica transformar as matérias-primas em produtos acabados.

Com ganhos em escala, sem a necessidade de investimentos em novos equipamentos que, por sua vez, demandariam aumentos nos custos de mão de obra (novos operadores), energias e manutenção (peças – estoques), tem-se um ganho de eficiência considerando o custo por tonelada produzida no CFF (Custo Fixo de Fabricação).

Na composição dos custos fixos, faz necessário destacar a importância dos custos de mão de obra que, historicamente, representam em média 32% do custo fixo total de fabricação da empresa em questão.

Martins e Laugeni (2001), reforçam esta parcela nos custos por parte da mão de obra e trazem alguns pontos que justificam a atenção a este custo:

Em âmbito nacional, entretanto, um indicador de produtividade se destaca, que é o índice de produtividade da mão de obra. Sua importância se justifica, pois: É grande fator de custos na maioria dos produtos; É mais fácil de medir; Existem mais dados disponíveis; Historicamente, o desenvolvimento tecnológico está associado mais ao deslocamento de mão de obra, pelo aumento da produtividade, do que ao deslocamento de outros fatores de produção; A produtividade da mão de obra tem efeitos muito mais profundos na economia de um país.

Sendo a mão de obra de tamanha importância nos custos de produção em uma organização, seu aproveitamento ou produtividade devem ser acompanhados minuciosamente de forma a reduzir seu impacto no custo final dos produtos acabados.

Com custos de fabricação menores por unidade produzida, e um volume maior de produção e conseqüentemente de vendas, obtém-se uma maior margem de lucro que permite à empresa praticar preços mais competitivos, que por sua vez dão a possibilidade de alavancar mais vendas, criando um círculo virtuoso. Este cenário pôde ser observado na empresa durante os últimos anos e, por aproximadamente dois anos, foi possível praticar a mesma tabela de preços para seu portfólio de produtos sem a necessidade de repassar aumentos de inflação, por exemplo, uma vez que estes aumentos foram compensados pela produtividade gerada.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada do tipo indireta através do método de procedimento bibliográfico e método documental, onde foram analisados aproximadamente trinta artigos científicos, livros, revistas e documentos técnicos que foram publicados entre os anos de 2009 a 2019, logo a pesquisa foi realizada durante os meses de julho a dezembro de 2019 durante a disciplina de TCC1.

A metodologia fez referência a um caminho lógico, percebeu-se a necessidade de prosseguirmos com o estudo seguindo esse caminho na busca de conhecer as respostas para as perguntas relacionadas nos objetivos do estudo.

Portanto a proposta da pesquisa foi construir um estudo investigativo acerca da Gestão da Manutenção Produtiva Total TPM e sua implementação em setores industriais do Ceara, apoiado em referenciais teóricos conceituais, buscando na revisão da literatura as respostas para os questionamentos da pesquisa sendo utilizadas as seguintes plataformas de pesquisa: Google acadêmico, Scielo e Banco de dissertações e Teses. Foram utilizadas como base as palavras-chave: Indústria. TPM. Redução de custo. Manutenção. Engenharia de Produção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresentou-se em um formato de uma revisão bibliográfica em setores industriais com o objetivo de mostrar a importância dos serviços acerca do TPM (Manutenção Produtiva Total) que vem sendo cada vez mais crescente sua utilização nas indústrias de diversos segmentos, mesmo existindo uma alta competitividade empresarial que objetivam o aumento da produtividade e consequentemente rentabilidade, pode-se perceber a necessidade de inovações dentro de suas indústrias para que esses objetivos sejam alcançados.

O panorama econômico cada vez mais desafiador, resultado da globalização, faz as empresas enfrentarem desafios diários com relação às despesas, qualidade e celeridade de seus processos. Consequentemente, as organizações buscam melhorias em seus processos e na sua gestão, com finalidade de, além de ampliar sua produtividade hoje, esteja preparada para diferentes cenários do mercado amanhã, ressalta, QUEIROZ (2015).

Xenos (1998) afirma que, com a realização de pequenas atividades de manutenção, os operadores se aproximam mais dos equipamentos. Conseqüentemente, eles passam a conhecê-los melhor e adquirem uma capacidade apurada de detecção de anomalia nos equipamentos, possibilitando que falhas sejam evitadas. Essas atividades também ocasionam mudanças na rotina dos operadores, podendo funcionar como agente motivador. Segundo Suzuki (1994), a Manutenção Autônoma é um processo de capacitação de operadores, tornando-os aptos a manter os equipamentos em situação básica e sugerindo melhorias, mudando o conceito de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuido eu”.

Com base no estudo deste trabalho pode-se afirmar sobre a vital importância do envolvimento de toda equipe para o sucesso do projeto ressaltando as funções de base, ou seja, os operadores que por sua vez são parte integrante no processo do TPM diferente do sistema convencional de manutenção que é composto inicialmente por mecânicos onde são responsáveis na solução de toda e qualquer manutenção das máquinas e equipamentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como propósito uma abordagem acerca da implementação e gestão do processo de Manutenção Produtiva Total (TPM) que por sua vez tem por objetivo potencializar o rendimento operacional das máquinas e ou equipamentos elevando até sua capacidade máxima de produção, integrando toda a vida útil da máquina com manutenção produtiva total, trazendo desta forma para organização uma maior rentabilidade que reflete diretamente na concorrência ferrenha do mercado.

A participação de todos os níveis da companhia é imprescindível para a implementação e gestão do TPM desde o nível operacional ao nível de direção, ou seja, se trata de um programa de manutenção integrado que precisa de todas as condições para seu pleno funcionamento, a iniciar por meio de treinamento e desenvolvimento de pessoas através do engajamento da equipe gerando uma disseminação de conhecimento entre as equipes de produção e manutenção.

De acordo com Chiavenato (2010), na procura pela excelência operacional, os recursos são fundamentais, no entanto não possuem vida própria, são estáticos.

Nos dias que correm, recursos constituem a base para as competências, as quais tornam os recursos produtivos e rentáveis. Neste panorama, pensar e agir estrategicamente são ações indispensáveis para que as atividades operacionais, no caso atividades de manutenção, se integrem de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo com a empresa rumo a excelência operacional.

A Manutenção Autônoma proporciona aos mantenedores, disponibilidade para a realização de atividades mais complexas dentro do processo produtivo em que os mesmos estão inseridos, tendo como exemplo, melhorias específicas nas máquinas e equipamentos relacionados as suas atribuições.

Portanto, o presente trabalho se trata de uma revisão bibliográfica onde se pretende fazer um estudo dentro da indústria, que por conta do laço temporal não foi possível ainda ser desenvolvido, logo sendo uma base teórica sólida para implementação do TPM na indústria Têxtil onde pretende-se o alcance de grandes resultados com a aplicação deste estudo.

REFERÊNCIAS

BRESCIANI, T. A. **Impacto da utilização do TPM na Era das Máquinas Robóticas**. São Paulo: USP, 2009. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009. CAMPOS, VICENTE FALCONI. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998, 276p.

CHIAVENATO, I. **O sonho da excelência operacional**. Administradores. 2010. Disponível em: < <http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/o-sonhoda-excelencia-operacional/48740/> > Acesso em: 24 maio 2020.

FAVARON, FABIO L. L. **Desempenho financeiro das empresas do setor de energia elétrica**: um estudo com as empresas participantes do prêmio nacional de qualidade. 2012. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis e Atuariais) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota Produção: mais do que simplesmente Just-in-time**, São Paulo: Produção, 1995.

GIL, A.C. **Como elaborar Projeto de Pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

IMAGEM: **os oito pilares da TPM**. Disponível em: <http://pauloamaral.blog.br/wp-content/uploads/2011/02/Pilares-TPM-300x168.jpg> - Acesso em: 16 nov. 2019

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**, Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 20. ed. atual. Petrópolis: Vozes, 2002.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. Saraiva, 2001.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, Claudiane Caldas; MARTINS, Rui Francisco; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma Indústria Alimentícia**. XVI Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP 2009. Disponível em:
http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/Ebook/Ebook%202009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20SIMPEP/XVI_SIMPEP_Art_8_a.pdf. Acesso em: 19 jul. 2019.

QUEIROZ, G. A. **Recomendações para implementação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais limpa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). São Carlos - Universidade de São Paulo - USP, 2015.

SHINGO, SHIGEO. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Medicas, 1996.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. Portland: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Iman, 1993.

VANZELLA, J.E. **IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA**

INDÚSTRIA DE AUTO PEÇAS: Um Estudo de Caso. 2007. 101p. Tese (Mestrado Gestão do Desenvolvimento Regional) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007. Disponível em: http://www.ppga.com.br/mestrado/2007/vanzella-jose_eugenio_mine.pdf _> Acesso em: 22 maio 2020.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei: Icap Del Rei, 2005.

ZUASHKIANI, A., RAHMANDAD, H., & Jardine, A. K. **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2011.

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMULSÃO ASFÁLTICA À BASE DE UM ADITIVO ORIUNDO DE GLICERINA

Edson Paulo Soares Radnai
Túlio Ítalo da Silva Oliveira
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

A necessidade por uso de energias renováveis e a utilização eficiente das matérias primas tem incentivado o desenvolvimento sobre reutilização de subprodutos ou matérias primas, que antes eram consideradas inviáveis pelo custo-benefício, para fabricação de produtos acabados de tão eficientes ou mais quanto os atuais. Um exemplo disso está na fabricação de biocombustíveis com matérias primas de origem vegetal e animal. O aumento do consumo de biocombustíveis aumentou o uso de oleaginosas e conseqüentemente a fabricação dos subprodutos desses processos. Do ponto de vista químico, o óleo vegetal usado na produção de biodiesel é um triglicerídeo. Sob ação de um catalisador (ácido ou básico) e na presença de um álcool (metanol ou etanol), o óleo sofre uma reação de transesterificação formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos, que constituem o biodiesel, e liberando uma molécula de glicerol gerando o subproduto glicerina. Em outro segmento industrial petroquímico são fabricados ligantes com asfalto, água, emulsificantes e aditivos, denominados emulsão asfáltica para pavimentação - EAP. A emulsão, diferente do asfalto puro, em geral, tem água em sua composição e é aplicada a frio na construção de pavimentos asfálticos em rodovias e ruas. Este trabalho propôs uma investigação das propriedades de uma emulsão asfáltica fabricada utilizando glicerina como aditivo, modificando a reologia da emulsão na sua viscosidade, substituindo então produtos de origem importados por matéria prima nacional e renovável.

Palavras-chave: Asfalto; Emulsão; Glicerol; Biodiesel; Pavimentação.

ABSTRACT:

The need to use renewable energies and an efficient use of raw materials has encouraged or developed the reuse of by-products or raw materials, which were previously considered unfeasible due to cost-effectiveness, for the manufacture of finished products as efficient or more than the current ones. An example of this is to manufacture biofuels with raw materials of plant and animal origin. The increase in the consumption of biofuels increased the use of oilseeds and, consequently, the manufacture of the by-products of these processes. From a chemical point of view, vegetable oil used in the production of biodiesel is a triglyceride. Under the action of a catalyst (acid or basic) and in the presence of an alcohol (methanol or ethanol), or oil undergoes a transesterification reaction forming three molecules of methyl or ethyl esters of fatty acids, which use biodiesel and release a molecule of glycerol generating or by-product glycerin. In another petrochemical industrial segment, binders are manufactured with asphalt, water, emulsifiers and additives, called

asphalt emulsion for paving - EAP. An emulsion, different from pure asphalt, in general, has water in its composition and is applied cold in the construction of asphalt pavements on highways and streets. This work proposes an investigation of the properties of a manufactured asphalt emulsion, using glycerin as an additive, modifying an emulsion rheology in its viscosity, replacing the original products imported by national and renewable primary materials.

Keywords: Asphalt; Emulsion; Glycerol; Biodiesel; Paving

1 INTRODUÇÃO

O asfalto é um dos materiais de construção mais antigo utilizado pelo homem. Trata-se de um material petroquímico, por ser proveniente do petróleo, possuindo aplicações que vão desde a agricultura até a indústria. Sua aplicabilidade mais importante, também a mais antiga, é na pavimentação, que é a principal forma de revestimento de ruas e estradas.

No Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte das ruas. Utiliza-se a denominação CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) para designar esse produto semi-sólido à temperaturas baixas, viscoelástico à temperatura ambiente e líquido à altas temperaturas (BERNUCCI e MOTA *et al.*, 2008).

O asfalto pode ser considerado como uma mistura de 90 a 95% hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou por destilação, cujo principal componente é o betume, podendo conter ainda 5 a 10% de outros materiais, como oxigênio, nitrogênio, enxofre e metais – vanádio, níquel, ferro, magnésio e cálcio.

Para que o CAP possa recobrir convenientemente os agregados pétreos é necessário que apresente uma viscosidade em torno de 0,2Pa.s, o que só será atingido por aquecimento do ligante e do agregado à temperaturas convenientemente escolhidas para cada tipo de ligante. Para evitar o aquecimento do CAP a fim de obter viscosidades de trabalho nos serviços de pavimentação, é possível promover mudanças no ligante utilizando-se dois processos de preparação:

- 1) Adição de um diluente volátil, ao asfalto produzindo o que se convencionou chamar no Brasil de asfalto diluído de petróleo - ADP (cutback em inglês);
- 2) Emulsão do asfalto com água, produzindo Emulsão Asfáltica para Pavimentação – EAP.

O processo de produção da emulsão asfáltica requer também a utilização de aditivos químicos ou petroquímicos para controlar suas propriedades físico-químicas, em que a grande maioria das indústrias de emulsificação brasileiras, adquirem esses produtos na maioria petroquímicos através da importação, tornando um processo de alto custo.

Atualmente, uma das grandes questões ambientais no que diz respeito à fonte de energias tem sido a substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis. O Brasil é o terceiro maior país produtor de biodiesel sob a vigilância do PNPB - Programa Nacional de Produção e usos de Biodiesel (BRASIL, 2018), desta forma, mostra possuir um grande potencial energético. O país, também, possui grande destaque no panorama mundial do biodiesel, devido sua alta diversidade em dezenas de espécies vegetais e gordura animal que podem ser usadas na sua produção (ANP, 2016).

O glicerol, também chamado glicerina no âmbito industrial, é o principal coproduto gerado na produção de biodiesel (DASARI *et al.*, 2005). Esse produto possui várias aplicações industriais, como em fármacos, produtos de higiene bucal e cosméticos (MILLI, GRIPA e SIMONELLI, 2011).

O crescimento da produção de biodiesel tem gerado grande excedente de glicerina, em geral, 10% em massa do produto da reação de transesterificação é representado pela glicerina bruta (MENDES e SERRA, 2012).

Da glicerina produzida no Brasil, apenas uma pequena parte é utilizada para uso interno e com o crescente aumento em sua produção, faz-se necessária a importação para outros países (EPE, 2015) ou encontrar novas aplicações. Dessa forma, tornam-se necessários estudos para novos métodos de utilização desse subproduto, de maneira a aumentar sua aplicabilidade nacional.

Existem processos petroquímicos que utilizam a glicerina como aditivo, proveniente da produção de biodiesel, dessa forma observou-se a possibilidade desse subproduto ser reaproveitado como aditivo para emulsão asfáltica para controlar suas propriedades. Esse desenvolvimento irá proporcionar a substituição de aditivos importados, na produção de emulsão asfáltica para pavimentação, por aditivo nacional e renovável, além de melhorar o custo-benefício do processo de fabricação.

Para Baird e Cann (2011), um problema relacionado a este processo é a própria produção da glicerina, que possui baixo valor comercial e que nos últimos tempos tem se acumulado. Os pesquisadores afirmam que a cada 9L de biodiesel é produzido como sub-produto aproximadamente 1L de glicerina. Um grande receio é que o excesso de glicerina produzida possa ser descartada de maneira irresponsável no meio ambiente (COSTA, 2008). Dessa forma o papel dos especialistas têm sido averiguar métodos que transformem este produto em outro de maior valor comercial. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo geral desenvolver e otimizar um processo de fabricação de emulsões asfálticas para pavimentação utilizando glicerina natural como aditivo químico para promover o controle da viscosidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

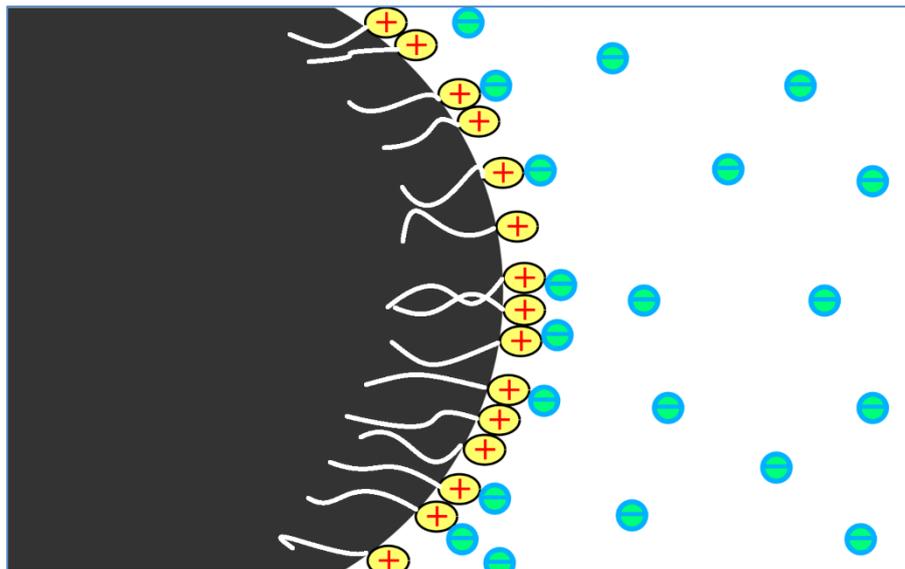
2.1 EMULSÕES ASFÁLTICAS

De acordo com BERNUCCI e colaboradores (2008), uma emulsão é definida como uma dispersão estável de dois ou mais líquidos imiscíveis. No caso da emulsão asfáltica para pavimentação (EAP), os dois líquidos são asfalto e água.

Embora esse sistema de líquidos seja cineticamente estável por longos períodos de tempo, eles apresentam instabilidade termodinâmica, o que reflete na separação de fases (TORRES, 2013), ou ruptura, pois a emulsão asfáltica representa uma classe particular de óleo-água (EMULSÃO O/A) na qual a fase óleo tem uma viscosidade elevada e os dois materiais não formam uma emulsão por simples mistura de dois componentes, sendo necessária a utilização de um produto auxiliar chamado emulsificante para manter a emulsão estável (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Esse produto auxiliar se trata de um tensoativo, que são agentes emulsificantes (BERNUCCI, 2008; TORRES, 2013). Eles irão reduzir a tensão superficial, permitindo que os glóbulos de asfalto permaneçam em suspensão na água por algum tempo, reduzindo a tendência de coalescência, aumentando o tempo de estabilidade da emulsão (TORRES, 2013) conforme Figura 1.

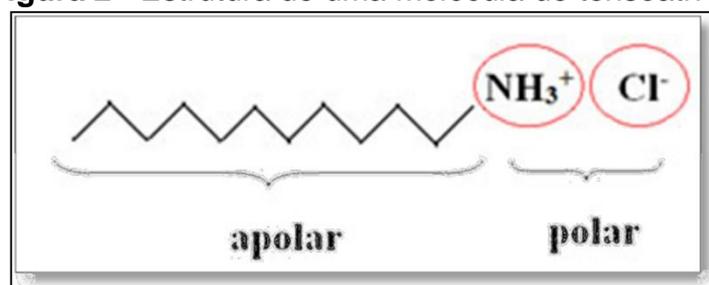
Figura 1 – Asfalto, emulsificante e água



Fonte: MANUAL AKZO NOBEL (2010).

Os tensoativos também são conhecidos como surfactantes, são substâncias anfifílicas, ou seja, possuem um grupo polar (hidrofílico) e um grupo apolar (hidrofóbico) que, pela sua estrutura química e propriedades, se adsorvem nas interfaces líquido-líquido, líquido gás e sólido líquido reduzindo a tensão interfacial (TORRES, 2013). Na Figura 2, observa-se a representação de uma molécula de tensoativo, com uma extremidade com afinidade por grupos de caráter orgânico (apolar) e a outra extremidade com afinidade pela água (polar).

Figura 2 - Estrutura de uma molécula de tensoativo



Fonte: TORRES *et al.* (2013).

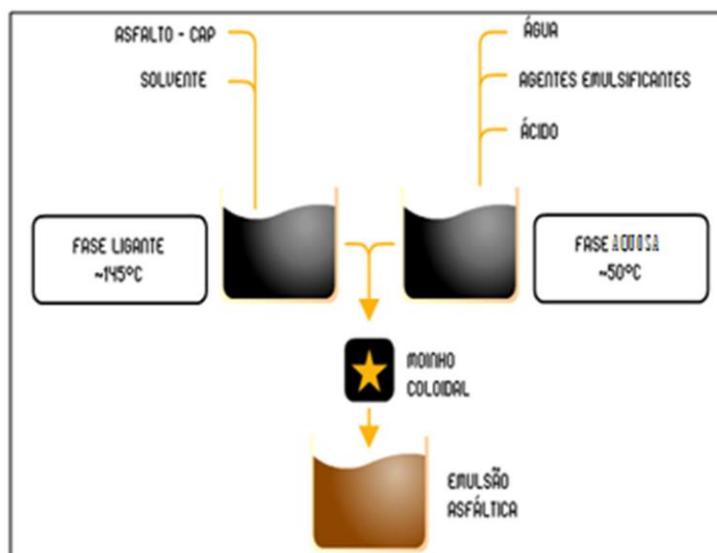
As emulsões asfálticas são constituídas por pequenos glóbulos de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), dispersos numa fase contínua representada pela água, estabilizadas por tensoativos, FIGURA 3. Segundo Santana (1993), a emulsificação do CAP ocorre quando se consegue dividi-lo em partículas muito pequenas, que são envolvidas com um agente emulsificante, de modo a impedir a união dessas

partículas dispersas na fase aquosa, ou seja, a ruptura prematura da emulsão asfáltica.

A ação mecânica de obtenção dos glóbulos é feita em um moinho coloidal especialmente preparado para a quebra do asfalto aquecido em porções minúsculas que devem ter um tamanho especificado, que é micrométrico. O tamanho desses glóbulos irá depender do moinho empregado, da velocidade do rotor, da concentração do surfactante e da viscosidade do asfalto original, normalmente variando entre 1 e 20 μ m (ABEDA, 2001; HUNTER, 2000).

A EAP é obtida através da combinação da água com o asfalto aquecido em meio intensamente agitado na presença de agentes emulsificantes e aditivos (TORRES, 2013). A Figura 3 traz a representação do esquema de produção da emulsão asfáltica.

Figura 3 - Esquema de produção da emulsão asfáltica.



Fonte: ABEDA (2001) (adaptada)

A EAP é produzida por dispersão dos glóbulos de asfalto que saem do moinho e caem em uma solução de água já misturada com agente emulsificante e com outros aditivos e adições particulares para obter efeitos diferenciados, tanto em relação ao tempo de separação das fases quanto ao uso final que se pretende para aquela emulsão específica (BERNUCCI *et al.*, 2008). As emulsões podem

apresentar carga de partícula negativa ou positiva, sendo conhecidas, respectivamente, como aniônica e catiônica.

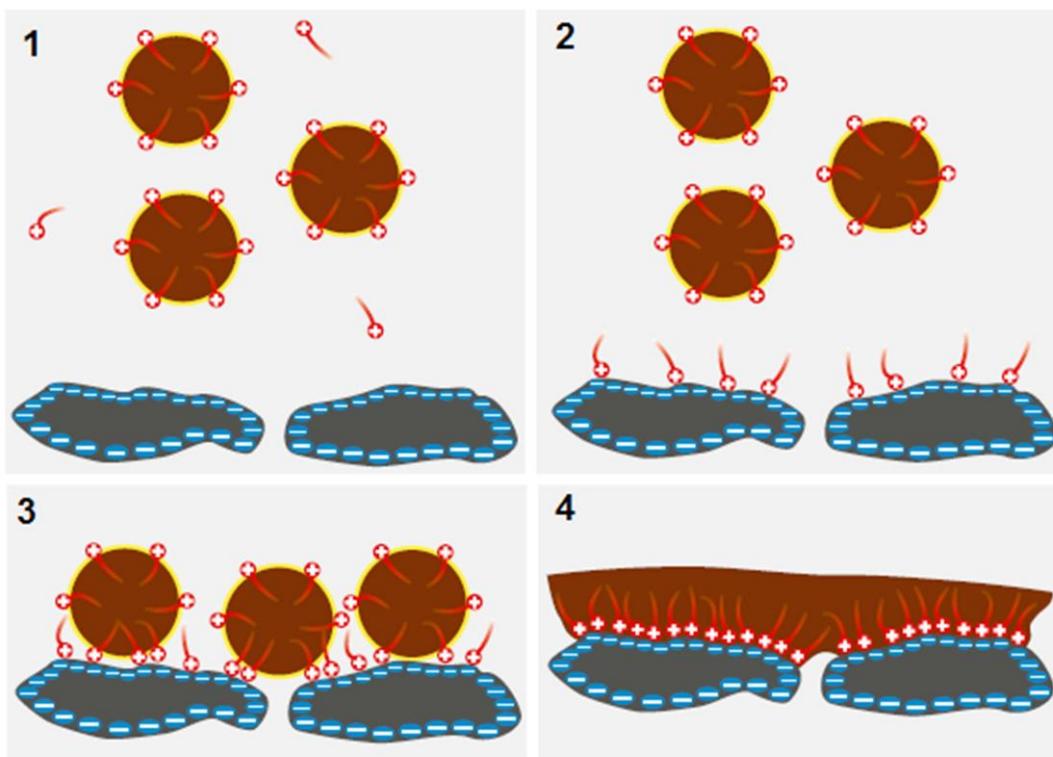
As emulsões asfálticas catiônicas são, geralmente, obtidas através da dispersão de asfalto em água na presença de sais de aminas, que fornecem cargas positivas aos glóbulos de betume. Estas emulsões apresentam maior facilidade de aplicação, flexibilidade e resistência. Possuem excelente adesividade para qualquer tipo de agregado pétreo, ácido ou alcalino, positivo ou negativo (ABEDA, 2001).

A coalescência de uma emulsão ocorre com a união de duas ou mais parcelas de uma fase em prol da formação de uma única. É comum encontrar o termo 'única' ao se referir à formação de uma gotícula de água líquida única, por reunião de duas ou mais gotículas que entram em colisão. Também é largamente utilizado quando ocorre a junção de duas ou mais bolhas de ar dispersas em um líquido, de modo que elas se fundem em menos bolhas, mas de maiores dimensões (DALTIM, 2012).

Esse processo pode ser acelerado submetendo amostras a temperaturas mais elevadas (40°C, por exemplo). A elevação da temperatura aumenta a quantidade de choques moleculares e acelera a separação (o aumento da energia cinética impacta no equilíbrio termodinâmico). Para reduzir a probabilidade de coalescência, a cinética pode ser desacelerada com o aumento da viscosidade, tamanho uniforme das gotículas e solubilidade (DUBERNET, 2004).

A forma de uso da emulsão consiste em provocar a ruptura ou quebra do equilíbrio frágil da mistura óleo-água, deixando os glóbulos livres para se reunirem, resultando na reconstituição do asfalto residual, que tanto quanto possível deve ser igual ao original antes da emulsificação, Figura 4.

Figura 4 – Mecanismo de RUPTURA da emulsão e agregado. 1. Contato da emulsão com agregado, 2. Adsorção de emulsificante "livre", 3. Eletroforese de gotículas para a superfície, 4. Coagulação / espalhamento sobre a superfície.



Fonte: BOLETIM TÉCNICO, AKZO NOBEL, 2015 (ADAPTADO).

As emulsões são classificadas conforme RESOLUÇÃO ANP N° 36, DE 13/11/2012 – RT ANP N° 6/2012. Especificamente existem três categorias para as emulsões asfálticas catiônicas, são elas: emulsões de ruptura rápida (RR), ruptura média (RM) e ruptura lenta (RL). Na Tabela 1 observam-se os dados relativos à classificação das emulsões asfálticas catiônicas. As emulsões asfálticas aniônicas são aquelas estabilizadas por emulsificantes aniônicos, que conferem aos glóbulos de betume uma carga elétrica negativa. De acordo com Torres (2013), as emulsões aniônicas podem, contudo, ter boa adesividade aos agregados do tipo eletropositivo, ou seja, os de natureza calcária, já na presença de agregados do tipo eletronegativo necessitam do emprego de melhoradores de adesividade.

Tabela 1 - Classificação das Emulsões asfálticas catiônicas

Tipo	Solvente em volume	Resíduo destilação	Viscosidade Saybolt Furol
	(%)	(%)	50°C (s)
RR-1C	0-3	62	30-80

RR-2C	0-3	67	100-400
RM-1C	0-12	62	20-200
RM-2C	3-12	65	100-400
RL-1C	-	60	20-100 (25°C)

Fonte: ODA (2003).

Para a produção de uma emulsão asfáltica, são necessários constituintes que, quando combinados, modificam as propriedades do asfalto. São necessários, basicamente, cinco constituintes: asfalto, água, solvente, emulsificante e aditivos (ácidos, umectantes e estabilizantes) para a obtenção das EAP.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi do tipo experimental. Seus dados foram analisados quanto ao aspecto qualitativo e quantitativo.

Este trabalho de pesquisa foi realizado de forma direta com metodologia de análise em campo diretamente no processo de fabricação numa empresa de asfalto descrita anteriormente, durante o período de trabalho de dezembro de 2018 a março de 2019.

Foi feita uma pesquisa bibliográfica indireta para dar base teórica ao trabalho, utilizando as ferramentas de pesquisa da CAPES, google acadêmico, Scielo, utilizando as palavras-chave: asfalto, glicerina, biodiesel, emulsão, viscosidade. Pesquisou-se cerca de 75 artigos, porém utilizou-se cerca de 17 artigos de 2009 a 2019 para esse trabalho.

O trabalho teve base experimental prática de pesquisa e desenvolvimento da empresa e foram fabricadas emulsões asfálticas para pavimentação em uma planta piloto do laboratório. Com base nos ensaios de qualidade, observou-se os parâmetros de qualidade que são exigidos na legislação nacional que trata sobre emulsões asfálticas vigente no país.

3.1 COMPATIBILIDADE DA GLICERINA NA EMULSÃO ASFÁLTICA

Primeiramente foi testada a compatibilidade química da glicerina pura proveniente do biodiesel com a emulsão asfáltica tipo RR2C ruptura rápida,

adicionando-a diretamente dentro da emulsão fabricada sem nenhum aditivo controlador de viscosidade.

O objetivo foi avaliar de forma qualitativa a compatibilidade química entre a glicerina e a emulsão e a influência na viscosidade. Foram fabricadas quatro bateladas de emulsões asfálticas tipo RR2C sem qualquer aditivo, usando uma formulação padrão com asfalto, emulsificantes e água. Cada batelada tem volume de dez litros de emulsão.

A primeira emulsão asfáltica foi fabricada e em seguida foi adicionado 0,1% m/m de glicerina. A segunda emulsão asfáltica foi fabricada e em seguida foi adicionado 1,0% m/m de glicerina. Esse procedimento foi feito em duplicata. As emulsões foram produzidas conforme os parâmetros da Resolução ANP N° 36, de 13/11/2012 – Regulamento Técnico ANP N° 6/2012 e classificada como ruptura rápida tipo RR-2C. As propriedades físico-químicas viscosidade e resíduo foram analisadas seguindo a ABNT NBR 14491, que é a norma que descreve o procedimento para a determinação da resistência ao escoamento de emulsões asfálticas utilizando o viscosímetro Saybolt Furol e ABNT NBR 14376 Emulsões asfálticas - Determinação do resíduo asfáltico por evaporação, método expedito.

3.2 QUANTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE ADIÇÃO DA GLICERINA NA EMULSÃO ASFÁLTICA.

3.2.1 Quantificação da glicerina

Depois de verificada a compatibilidade foi testada a interação química ou reatividade da glicerina com a emulsão asfáltica tipo RR2C, adicionando-a na emulsão como um substituto de um aditivo melhorador de viscosidade convencional.

Foi adicionada glicerina, aumentando as concentrações, durante a fabricação de emulsões tipo RR2C, na planta piloto (Figura 5) do laboratório de controle de qualidade de asfaltos de uma indústria de emulsão, utilizando os parâmetros convencionais médios de formulação de uma emulsão e aditivo convencional.

O processo de fabricação se deu em um moinho coloidal piloto, onde é necessário que se promova a quebra do cimento asfáltico (CAP 50/70) em partículas micrométricas e que o mesmo fique disperso no meio aquoso (óleo em água). Assim

o cimento asfáltico é aquecido a uma temperatura média de $145^{\circ}\text{C} \pm 5$ enquanto a água fica entre $50^{\circ}\text{C} \pm 5$, na qual já se encontram previamente dissolvidos os agentes emulsificantes.

O controle de qualidade foi feito analisando as características físico-químicas das emulsões tais como viscosidade, resíduo seco e penetração em função do percentual mássico de glicerina oriunda de biodiesel adicionada diretamente na emulsão durante o processo de fabricação. Todos os ensaios seguiram a normatização vigente da ANP e ABNT.

A penetração é a profundidade, em décimos de milímetro, que uma agulha de massa padronizada (100g) penetra numa amostra de volume padronizado de cimento asfáltico, por 5 segundos, à temperatura de 25°C . Em cada ensaio, três medidas individuais de penetração são realizadas. A média dos três valores é anotada e aceita, se a diferença entre as três medidas não exceder um limite especificado em norma. A consistência do CAP é tanto maior quanto menor for a penetração da agulha. A norma brasileira para este ensaio é a ABNT NBR 6576/98.

Figura 5 - Moinho piloto para fabricação de emulsão asfáltica.



Fonte: O autor (2020).

3.2.2 Análise do uso e aplicação da emulsão asfáltica

Foi analisado o desempenho da emulsão aditivada com glicerina na fabricação, por meio de um ensaio de adesividade, esse ensaio é realizado dentro do projeto de mistura asfáltica para técnica de pavimentação chamada tratamento

superficial. O ensaio mede a adesividade entre a emulsão asfáltica e os agregados pétreos, exemplo brita tamanho $\frac{3}{4}$ ". Foi utilizada uma brita de origem (pedreira) conhecida e originalmente estudada em projeto de mistura asfáltica e aplicada em algumas obras de pavimentação.

O objetivo foi comparar o desempenho da emulsão aditivada com glicerina com outra emulsão asfáltica do mesmo tipo, aditivada com aditivo melhorador de viscosidade convencional de origem petroquímica.

O ensaio de adesividade é fundamental pra observamos se a adição de glicerina na emulsão não interferiu na interação emulsão agregado pétreo, especificamente na técnica de pavimentação asfáltica conhecida como Tratamento Superficial, normatizada pelo DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 UTILIZAÇÃO DA GLICERINA PURA COMO ADITIVO REGULADOR DE VISCOSIDADE EM EMULSÃO ASFÁLTICA TIPO RUPTURA RÁPIDA

4.1.1 Teste qualitativo

Na produção da emulsão padrão sem a utilização de aditivo regulador de viscosidade, obteve-se uma viscosidade SAYBOLT-FUROL de 685s. Com a utilização de 1%*m/m* de glicerina na segunda fabricação, pôde-se observar que houve um aumento na viscosidade da emulsão em relação à EMULSÃO tomada como padrão, sem um aditivo, resultando em uma viscosidade tão elevada, a ponto de impossibilitar a execução do teste de viscosidade.

Porém constatou-se que é possível a utilização da glicerina na emulsificação e que a mesma tem propriedades físico-químicas capazes de agir como aditivo regulador de viscosidade em emulsões asfálticas.

4.1.2 Teste quantitativo

Fez-se bateladas de emulsão, no moinho piloto, mantendo-se a formulação padrão e o resíduo dentro de uma variação controlada e aumentando-se

gradativamente a adição de glicerol dentro do asfalto. Observou-se o aumento gradativo da viscosidade da emulsão até que se percebeu que em adições de glicerol acima de 0,06%*m/m*, a viscosidade atingiu o limite de quantificação superior, não sendo possível a medição da mesma, devido a emulsão estar altamente viscosa, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Teste de fabricação de emulsão adicionando glicerol no asfalto.

Batelada	Resíduo(% <i>m/m</i>), 67% mín, ABNT14376	Viscosidade(s), 100-400, ABNT14491	% Glicerol, <i>m/m</i>
1	66,90%	78	0,00%
2	68,80%	160	0,00%
3	67,30%	35	0,00%
4	67,60%	90	0,03%
5	67,20%	50	0,03%
6	67,00%	145	0,06%
7	67,55%	210	0,06%
8	67,25%	189	0,06%
9	69,45%	>LQ	0,07%
10	66,50%	39	0,07%
11	66,80%	45	0,07%
12	68,90%	>LQ	0,09%
13	65,20%	289	0,09%
14	68,00%	>LQ	0,10%

Fonte: O autor, 2020.

O mecanismo de interação da glicerina asfalto e emulsificante é pouco comentado na literatura pesquisada, observados alguns indícios que podem ser base para formação de uma teoria acerca dessa interação.

A literatura mostra que a glicerina tem propriedades emulsificantes, podendo agir como um emulsificante não-iônico, então pode estar havendo um aumento do poder de emulsificação entre o asfalto e a água, aumentando a estabilidade da emulsão já que o

tamanho de partícula também é influenciado pela concentração de emulsificantes.

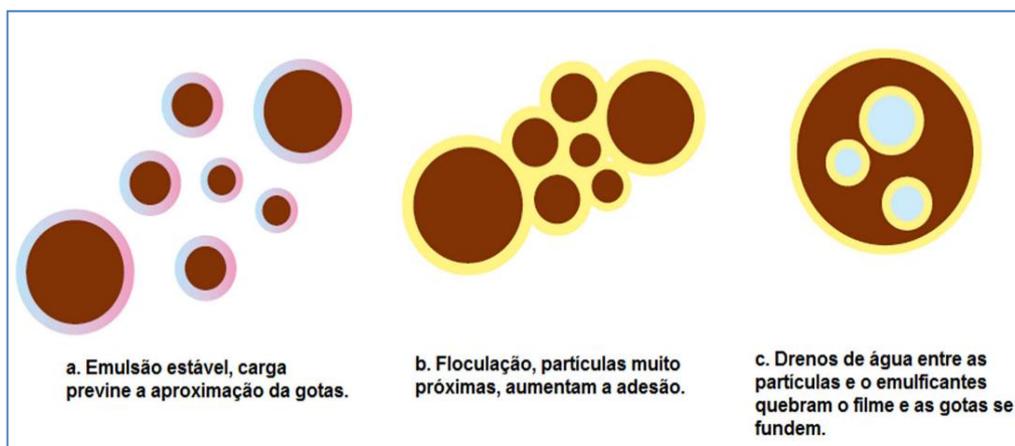
A área interfacial entre as fases líquidas é muito aumentada em uma emulsão. Um litro de emulsão betuminosa pode ter uma interface de área de 5000m^2 . É preciso energia para criar essa interface, mas essa energia pode ser reduzida pela adsorção de emulsificantes. A escolha do emulsificante e concentração de emulsificante afeta o tamanho das partículas.

Depois que as gotículas são formadas, elas devem ser estabilizadas contra coalescência que pode ocorrer quando as gotículas ficam muito próximas e podem deformar-se. Emulsificante adsorvido na superfície das gotículas fornece uma barreira de energia de repulsão estérica e que ajuda a impedir uma maior aproximação. Mesmo que essa barreira de energia seja superada e as gotículas floculem, o filme de emulsificante na superfície ainda inibe coalescência. Efeitos da tensão superficial que surgem da presença do emulsificante significa que uma barreira energética precisa ser superada para que gotículas esféricas se deformem e se unam. (AKZO NOBEL, 2015).

Acredita-se que a glicerina está funcionando como um emulsificante não-iônico livre dando carga nas partículas de água e aumentando disponibilidade entre a área interfacial das fases, estabilizando a emulsão e mantendo-a livre da coalescência. Ver Figura 6.

Assim além da interação do emulsificante iônico (catiônico) com base em diamina existente na emulsão que age na interação do asfalto água, também há a interação da água e asfalto através da presença do glicerol como emulsificante natural.

Figura 6 – Processo de floculação e coalescência



Fonte: AKZO NOBEL, 2015 adaptado

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de fabricação e análise qualitativa e quantitativa mostraram que o glicerol pode ser utilizado na fabricação de emulsão asfáltica como aditivo regulador de viscosidade, para aumentá-la, substituindo aditivos comerciais utilizados como esse objetivo.

Foi implantado um processo de fabricação industrial de uma emulsão asfáltica, utilizando a glicerina como regulador de viscosidade. O qual está em fase de avaliação para aprovação final.

Mostrou-se que com esse estudo que a molécula de glicerol tem propriedades potenciais para controle das propriedades das emulsões asfálticas, inaugurando uma nova fase de uso de aditivos de origem renovável. Em substituição à produtos de origem de petróleo não renováveis.

REFERÊNCIAS

ABEDA (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto). **Manual Básico de Emulsões Asfálticas: soluções para pavimentar sua cidade**. Rio de Janeiro. 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP, RESOLUÇÃO ANP Nº 36, DE 13.11.2012 - DOU 14.11.2012 EMULSAO ASFALTICA CONVENCIONAL E MODIFICADA.

ANP, 2016 ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim mensal do biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/> . Acesso em: 15 maio 2019.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
BERNUCCI, Liedi; MOTTA, Laura; CERATTI, Jorge; SOARES, **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4ª Reimpressão. Rio de Janeiro: ABEDA. 2008.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2018**. Disponível em <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>> Acesso em 20 abr. 2019.

COSTA, R. **Glicerina: o tamanho do problema**. Biodiesel. Paraná, v.1, n.3. 16-20. 2008.

DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R.; SUPPES, G.J. **Low-**

pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. Applied Catalysis A: General, v. 281, n. 1, p. 225-231, 2005.

DALTIN, D. (2012). Emulsionantes: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher.

DUBERNET, C. (2004). Extensive surface studies help to analyse zeta potential data: the case of cationic emulsions. Chemistry and Physics of Lipids, 131(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2004.04.003>. PMID:15210360.

HUNTER, R.N. Asphalts in road Construiction. London: Thomas Telford Ed., 2000.

JAMES, A. **Overview of Asphalt Emulsion.** Akzo Nobel Surface Chemistry, LLC. Transportation Research Circular E-C 102: Asphalt Emulsion Technology.2006.

MENDES; D. B.; SERRA, J. C. V. Glicerina: uma abordagem sobre produção e o tratamento. **Revista Liberato**, v. 13, n. 20, p. 01-09, 2012.

MILLI, B.B.; GRIPA, D.C.; SIMONELLI, G. **Aplicações alternativas da glicerina oriunda no biodiesel.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7,N.12. 2011.

ODA, S. **Notas de aula materiais betuminosos.** Departamento de Engenharia Civil. Grupo de Engenharia de transporte- Universidade Estadual de Maringá. 2003.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturados a frio.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo/Comissão de Asfalto, 2ª Reimpressão. 1993.

TORRES, Júlia Cristina de Lima. **Obtenção de emulsões asfálticas convencionais e modificadas com argilas e nanoargilas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2013.

PROCESSO DE FIAÇÃO OPEN END NA INDÚSTRIA TÊXTIL: OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE NA DECISÃO DE PARADA ATRAVÉS DE MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)

Ivan Carlos Mendes Pereira
Luiz Cláudio Magalhães Florêncio
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

O alargamento industrial e a complexidade das relações do mercado atual, cada vez mais exigente e competitivo, trazem para o mundo empresarial a missão de obter mais ganhos e reduzir os custos, mantendo a mesma qualidade e produtividade. Pode-se observar que o setor da indústria têxtil vem passando por um crescimento elevado e, para que os resultados sejam alcançados, faz-se necessário o uso de ferramentas de qualidade que auxiliem na gestão e na organização na mesma. Então, o presente trabalho teve como objetivo aplicar a Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP) para diminuir o tempo de parada dos Open end, pois, dessa forma, ganha-se produtividade. Diante disso, faz-se necessário conhecer a evolução histórica da qualidade, suas dimensões e seus mecanismos de gerenciamento, bem como compreender o MASP, a fim de identificar e de solucionar, de forma eficiente, problemas com causas e tratativas desconhecidas, através do cumprimento de cada fase estabelecida pelo método em estudo, gerando procedimentos, métodos de trabalho e controles para os processos.

Palavras-chave: MASP; Qualidade; Ferramentas; Open End.

ABSTRACT:

The industrial expansion and the complexity of today's market relations, which are increasingly demanding and competitive, bring to the business world the mission of obtaining more gains and reducing costs, maintaining the same quality and productivity. It can be seen that the textile industry sector has been experiencing high growth and, in order for the results to be achieved, it is necessary to use quality tools that assist in the management and organization of the same. So, the present work aimed to apply the Methodology of Analysis and Problem Solving (MASP) to decrease the stop time of the Open end, because, in this way, productivity is gained. In view of this, it is necessary to know the historical evolution of quality, its dimensions and its management mechanisms, as well as to understand MASP, in order to efficiently identify and solve problems with unknown causes and treatments, through compliance of each phase established by the method under study, generating procedures, working methods and controls for the processes.

Keywords: MASP; Quality; Tools; Open End.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico está cada vez mais competitivo e as exigências do mercado também vêm se tornando cada vez maiores, sendo assim, é essencial às empresas um padrão de qualidade e capacidade de prover resultados com custos menores para se destacar em meio a alta competitividade existente. Atualmente, com a globalização, há uma vasta concorrência das indústrias por uma parcela do mercado. Entretanto, para que isso seja alcançado, é imprescindível a busca por alternativas que aprimorem o desenvolvimento de produção. Os resultados no Processo Produtivo definem a competitividade da empresa em relação ao custo e à qualidade do produto.

Esse desenvolvimento da qualidade fez surgir uma metodologia que tem como objetivo analisar e resolver os problemas, eliminando ou reduzindo a possibilidade destes ocorrerem novamente, utilizando ferramentas como diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito e PDCA. Tal metodologia é conhecida pela sigla MASP (Método de Análise e Solução de problema). Segundo Rooney e Hopen (2004), a principal diferença entre a solução estruturada de um problema e outros métodos é a identificação de sua causa raiz, pois se esta não for erradicada, o problema retornará.

E um dos meios seria oportunizar cursos e treinamentos, com o objetivo de acompanhar o ritmo das organizações concorrentes, em relação aos custos com qualidade. Assim, a empresa disponibilizou para o grupo de gestão um treinamento “*in-company*” baseado na metodologia MASP. O MASP trata-se de uma forma estruturada de analisar e de solucionar problemas detectados dentro das organizações. Também conhecido como *QCStory*, movimento de qualidade total idealizado no Japão, o MASP em conjunto com o ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade necessárias, proporcionam aos gestores um método para se alcançar resultados mais satisfatórios. Essa metodologia fornece subsídios para analisar e priorizar os problemas, mostrando situações que não foram bem definidas e exigem uma maior atenção. Entretanto, é necessário saber identificar a diferença entre o método e a ferramenta. No caso, o MASP será o método, ou seja, o roteiro que deverá ser seguido, já as ferramentas serão os meios pelos quais será possível seguir o roteiro.

Para a utilização e a aplicação do MASP ser efetiva, faz-se necessário que haja um grupo de pessoas inseridas em um time de trabalho com o objetivo de atingir metas específicas. É imprescindível, ainda, que todos os seus passos sejam seguidos e que os envolvidos tenham conhecimento sobre as ferramentas que serão utilizadas.

Fundada em 1967, a Vicunha Têxtil é líder na produção de índigos e brins, além de ser a maior companhia do setor da América Latina. A empresa produz e comercializa índigos, brins e fios. Conta, no Brasil, com unidades no Ceará e no Rio Grande do Norte. Além disso, possui escritórios comerciais na Europa e na Argentina. Adquiriu a maior fábrica de índigo do Equador e está entre os principais fabricantes mundiais de índigos e brins. Em 1982, iniciou suas atividades no mercado externo e, hoje, é considerada uma das maiores empresas exportadoras do setor, vendendo seus produtos às melhores marcas nacionais e internacionais. Para isso, investe constantemente em tecnologia e aperfeiçoamento de seus colaboradores para melhoria de qualidade e aumento da eficiência de produção.

No processo industrial, a preocupação com o meio ambiente está presente em todas as fases. A Vicunha conta, há mais de uma década, com as certificações de qualidade ISO 9001, ISO 14001 e selo verde europeu Oeko- Tex Standard 100, que atesta a não utilização de substâncias nocivas ao ser humano na produção, no tingimento e no acabamento de seus tecidos.

A Vicunha Têxtil, indústria de produção e comercialização de tecidos na América Latina, obteve receita bruta consolidada acima de R\$ 2 bilhões, conforme balanço encerrado em 2015. Já a receita líquida atingiu R\$ 1,6 bilhão, representando crescimento de 18% ante 2014 (R\$ 1,4 bilhão).

Entre 2011 e 2015, a companhia obteve uma taxa de crescimento composta (CAGR) de 12%. E como resultado da estratégia de internacionalização em 2015, a empresa registrou 46% de participação das vendas no mercado externo. Segundo consta no balanço, o lucro bruto somou R\$ 415 milhões em 2015 (margem de 25%), valor 15% superior ao apresentado em 2014 (R\$ 362 milhões), em decorrência do aumento nas vendas

Dentro da indústria têxtil, um dos maiores custos com maior representação no ambiente produtivo é o da própria matéria-prima. Então, é possível considerar que, para maximizar os resultados da empresa quanto à redução de custos e aumento de

lucratividade, faz-se necessário tomar ações para reduzir os índices de perdas na realização do processo.

O fio têxtil é o produto final da etapa de fiação, sendo que sua característica principal é o diâmetro ou espessura (tecnicamente chamado de título do fio). O fio têxtil pode ser fabricado a partir de fibras naturais, artificiais e sintéticas, que são a matéria-prima utilizada. O processo de produção de fios, também chamado de fiação, compreende diversas operações por meio das quais as fibras são abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras por atrito. Entre estas operações, temos: abertura e separação das fibras, limpeza, paralelização parcial e limpeza, limpeza e paralelização final, regularização, afinamento, torção e embalagem. No trabalho, vamos explanar sobre fios produzidos no Open End.

Os filatórios de rotores ou open end possuem uma maior produtividade, porque podem atingir maior velocidade de produção. Este tipo de fiação elimina algumas etapas de produção que existem em outras fiações, porém, sua produção é limitada à produção de fios mais grossos com resistência inferior. Estes fios são destinados, em grande parte, à produção de tecidos tipo índigo (jeans). Na troca de título do open End foi identificada a necessidade da aplicação do MASP, para que, dessa forma, fosse encontrada alternativas para resolução de problemas, bem como soluções de aumento de produção.

Dessa forma, o objetivo geral deste estudo é proporcionar para a empresa têxtil em estudo a redução do tempo de parada através da aplicação do MASP em conjunto com as ferramentas da qualidade, com vistas ao aumento de lucratividade da mesma. Este objetivo geral se desenvolve a partir dos objetivos específicos seguintes: Classificar as máquinas de Open End que ficam mais tempo paradas, definindo as mais representativas para o processo produtivo; Aplicar cada uma das ferramentas de qualidade conforme fases do MASP; Identificar e solucionar causa da demora na troca dos títulos de Open End detectados como críticos; Apresentar ações e resultados da aplicação do método.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PRINCÍPIOS DA QUALIDADE

O histórico da qualidade pode ser dividido em quatro grandes eras: Inspeção, Controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade, e a era da Gestão da Qualidade. A era da Inspeção passou a ser necessária a partir do surgimento da produção em massa, e pela primeira vez, a qualidade foi vista como responsabilidade gerencial distinta e como função independente. Neste período a preocupação estava voltada à verificação de todos os produtos, com o objetivo de evitar que os mesmos chegassem até os clientes com algum defeito. Do ponto de vista do controle da qualidade, a principal conquista foi a criação de um sistema racional de medidas, gabaritos e acessórios no início do século XIX (GARVIN, 2002).

A segunda era citada, o controle estatístico da qualidade, trata-se da extensão da era da inspeção, pois o princípio da sua análise partia da detecção dos problemas, entretanto, inovou ao introduzir técnicas estatísticas, como a amostragem, para garantir a qualidade dos produtos, a aplicação pioneira de ferramentas estatísticas foi introduzida por Walter A. Shewhart (AILDEFONSO, 2006).

As duas primeiras eras citadas estavam baseadas apenas na identificação de não conformidades, após o processamento do produto. Então, a terceira era, a da garantia de qualidade, desenvolveu-se a partir de sistemas baseados na prevenção e no planejamento, aprimorando-se com a criação dos manuais da qualidade, com a análise de falhas e efeitos mais apurada e quantificando os custos envolvidos na implantação desse sistema de gestão, evidenciando a evolução da era do controle estatístico do processo para a nova fase de garantia da qualidade (CRUZ, 2013).

Acompanhando o desenvolvimento global, surge a quarta era também conhecida como Gestão pela Qualidade Total ou *Total Quality Management* (TQM). Qualidade Total é um termo utilizado para conceituar qualidade dentro das organizações, é o que realmente elas buscam. Não basta ter somente um produto de qualidade, mas esta qualidade deve atender a toda a organização. Qualidade total é o verdadeiro objetivo de qualquer organização humana: "satisfação das necessidades de todas as pessoas" (CAMPOS, 1999).

Segundo CRUZ (2013) o controle de qualidade total proporcionou uma grande mudança nos sistemas de gestão, pois conseguiu unir as técnicas de prevenção e

planejamento da qualidade, juntamente com as ferramentas estatísticas desenvolvidas e utilizou técnicas e habilidades gerenciais criadas dentro da Escola de Recursos Humanos. Assim, o controle de qualidade total leva em consideração que todos os integrantes da empresa, desde a alta gestão ao nível operacional, são responsáveis por garantir a qualidade do produto ou serviço ofertado pela empresa.

Além das quatro eras citadas, ainda pode-se mencionar a última era da qualidade, a gestão estratégica da qualidade, trata-se de uma abordagem que usa a melhoria como arma estratégica para o fortalecimento da competitividade e rentabilidade da empresa. Segundo Paladini (2009) a gestão estratégica da qualidade requer que os objetivos e metas sejam orientados para as metas estratégicas do negócio. Requer também uma abordagem sistêmica, com valores e princípios, liderança inovadora, satisfação dos clientes e desenvolvimento organizacional, além da melhoria contínua de seus processos, produtos, serviços e relacionamentos

As mudanças vêm ocorrendo rapidamente, e para que seja possível seguir essa transformação constante e acelerada, é essencial que os processos de melhoria ocorram continuamente. É necessário que se crie uma cultura com base na melhoria contínua facilitando, assim, a aparição de um ambiente de aprendizagem continuada, utilizando o conhecimento existente da melhor maneira possível e sempre potencializando a capacidade de criação de novos conhecimentos e de solução de problemas (MESQUITA; ALLIPRANDINI, 2003).

Solucionar problemas dentro das organizações significa aproveitar oportunidades e ampliar sua forma de pensar para incluir ideias que trazem mudanças positivas que agregam nos resultados operacionais. O mercado competitivo atual exige uma abordagem mais criativa para a solução de problemas. A criatividade é uma habilidade natural que todos possuem desde que disponham das ferramentas certas e do ambiente certo para trabalhar.

2.2 CICLO PDCA

O desenvolvimento do ciclo PDCA ocorreu por volta da década de 20 por Walter Shewhart. Apesar de a elaboração ter sido realizada por Shewhart, a aplicação e a disseminação do conceito foram realizadas por Edwards Deming. O conceito do ciclo PDCA nasceu no escopo do TQM (Total Quality Management) como uma

ferramenta que melhor representava o ciclo de gerenciamento de uma atividade (AGOSTINETTO, 2006).

Por meio do ciclo PDCA, os resultados são alcançados como consequência da manutenção dos padrões de excelência operacional e através das melhorias no processo que elevam a qualidade do produto e/ou serviço prestado. O ciclo PDCA permite o alcance dos objetivos organizacionais envolvendo toda a equipe, desde a alta administração e gerências, responsáveis pelo desenvolvimento das melhorias dos padrões, até o nível operacional, responsável especialmente pelo cumprimento dos Procedimentos Operacionais Padrão (CRUZ, 2013).

O ciclo PDCA é composto por 04 (quatro) etapas, sendo elas:

- P – Planejar (*Plan*);
- D – Executar (*Do*);
- C – Checar (*Check*);
- A – Agir (*Action*).

Conforme visto anteriormente, o nome do ciclo são as 04 (quatro) letras iniciais de cada uma das duas etapas na língua inglesa. Segundo Agostinetti (2006), as atividades a serem seguidas em cada uma das etapas, foram descritas da seguinte forma:

- *Plan*– Planejar: Define-se um plano de acordo com as diretrizes da empresa, identifica-se o problema a ser tratado, estabelecem-se os objetivos e as metas, busca-se o melhor método a ser utilizado e analisam-se os riscos, custos, prazos e recursos disponíveis;

- *DO* – Executar: O plano definido deve ser colocado em prática, estabelecem-se treinamentos no método que foi definido para ser utilizado, coleta-se dados para verificação do processo e, por fim, educar, treinar e motivar para que o comprometimento de todos os envolvidos seja alcançado;

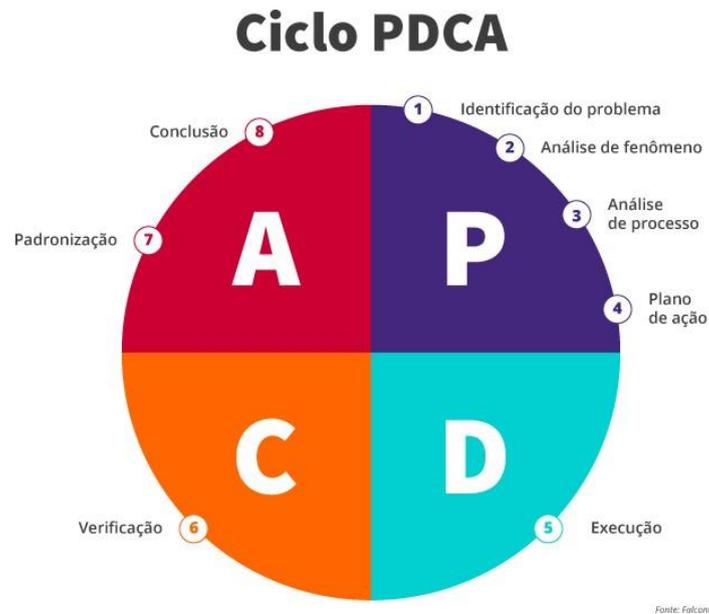
- *Check*– Checar: Verifica se o trabalho está sendo realizado conforme definido no planejamento, se houve variação nos valores medidos e comparar estes com o padrão estabelecido, identificando se houve alteração no desenvolvimento do processo e se os determinados objetivos foram alcançados;

- *Act*– Ação: Parte da realização de ações para corrigir trabalhos que possivelmente possam ter desviado do padrão, realiza a investigação das causas e tomam ações para que os mesmos não venham a se repetir, proporcionando uma me-

lhoraria para o sistema de trabalho e para o método. Caso não sejam identificados desvios, é realizado um trabalho onde desvios passíveis de ocorrer no futuro são identificados e tratados de maneira preventiva.

A figura 1 traz uma representação do ciclo PDCA:

Figura 1: Ciclo PDCA.



Fonte: Falconi (2015).

Então, segundo Werkema (1995), surge a necessidade do domínio das ferramentas de gestão da qualidade e de melhoria contínua, para uma aplicação eficaz de metodologias para a solução de problemas. Dessa forma, utilizando ferramenta do MASP, através do ciclo PDCA, o nível estratégico da empresa poderá garantir a sua sobrevivência e o alcance de suas metas, tomando decisões, baseadas em fatos e dados previamente comprovados como causas raiz dos problemas.

2.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)

MASP é a abreviação de Método de Análise e Solução de Problemas que utiliza o ciclo PDCA através de oito etapas. O objetivo desta ferramenta de qualidade é resolver problemas complexos relacionados a serviços, produtos ou processos dentro da empresa.

As etapas do MASP dividem-se em: Identificação do problema; Observação; Análise; Plano de ação; Ação; Verificação; Padronização; Conclusão.

A utilização do MASP implica na adoção de ferramentas analíticas que medem, analisam e sugerem ações contra as perdas que interferem no desempenho empresarial. Essas ferramentas são conhecidas como Ferramentas da Qualidade e são aplicadas em processos de melhoria contínua para eliminar as anomalias dos processos, proporcionando o aumento de qualidade e desempenho dos resultados organizacionais (TUBINO, 2009).

Cruz (2013) demonstra a importância de aplicação do método estudado, na medida em que afirma: O objetivo de qualquer organização é satisfazer de maneira holística as necessidades das pessoas (clientes, acionistas, colaboradores e comunidade), por meio das dimensões de qualidade, custo, entrega, moral e segurança. É por meio dessa satisfação, que a Logística desenvolve vantagens competitivas em termos de aumento de produtividade, redução de custos e otimização de operações. Para operacionalizar e materializar essa satisfação faz-se necessário a utilização de um método gerencial que permita a resolução dos problemas e promova a melhoria contínua (CRUZ, 2013).

Segundo Werkema (1995), o MASP, também conhecido como ciclo PDCA de melhorias, trata-se de uma sequência de procedimentos racionais, onde, através do levantamento de fatos e da coleta de dados, visa identificar a causa fundamental de um problema para combatê-lo e eliminá-lo.

O MASP é utilizado para garantir o melhoramento dos resultados, através da resolução dos problemas de processo, com a padronização do mesmo, tornando estável e com resultados confiáveis, independente de como será executado, busca garantir um alto padrão de qualidade na entrega de seu produto e/ou serviço ao destinatário final.

Então, mediante a toda evolução da qualidade, Shewhart afirmava que o processo de especificar, produzir, inspecionar e estudar os resultados deveria ser um ciclo contínuo de execução, buscando identificar possíveis problemas ou evitá-los.

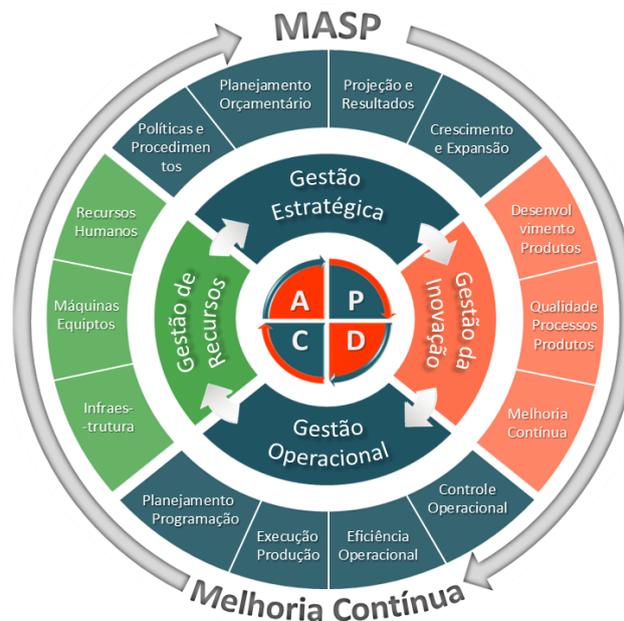
Analisando a aplicação do método em estudo, Santos *et al.* (2012), concluiu-se: Tal metodologia possibilita desenvolver de formas rápidas, eficazes e lógicas, os passos necessários para resolver um problema, partindo da identificação do mesmo e chegando até sua solução completa, evitando algumas armadilhas comuns

quando se tenta solucionar problemas. Armadilhas como: Implantar soluções inadequadas para problemas não específicos, não seguir corretamente as etapas (ou seja, não realizando uma delas ou realizar primeiro as etapas finais e depois voltar ao início), partindo do problema à solução sem uma análise adequada, tomar decisões com base em opiniões e não em fato (SANTOS *et al.*, 2012).

Para Cruz (2013), o MASP é composto por uma sequência lógica de oito etapas onde cada uma delas tem sua definição específica e o objetivo de resolver um determinado problema. Sendo elas a identificação do problema, observação, análise, elaboração do plano de ação, realização da ação, verificação, padronização e conclusão. Portanto, segundo Oribe (2008), o MASP: É um método prescritivo, racional, estruturado e sistemático para o desenvolvimento de um processo de melhoria num ambiente organizacional, visando solução de problemas e obtenção de resultados otimizados. O MASP se aplica aos problemas classificados como estruturados, cujas causas comuns, as soluções sejam desconhecidas e que envolvam reparação ou melhoria, ou performance e que aconteçam de forma crônica (ORIBE, 2008).

A figura 2 demonstra com ênfase todas as etapas do MASP:

Figura 2: Representação MASP.



Fonte: Gradusct.

Disponível em: <https://www.gradusct.com.br/metodo-de-analise-e-solucao-de-problemas>

3 METODOLOGIA

Para Gil (2010), a pesquisa pode ser definida como um processo formal e sistemático de construção de um método científico e tem o objetivo de descobrir respostas para problemas através do emprego de procedimentos científicos.

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso, na aplicação de uma metodologia, para buscar reduzir o tempo de parada na troca de título (Open End), levantando dados, aplicando ferramentas de qualidade, em seguida, usando o método MASP em todas as suas fases. A ferramenta a ser desenvolvida está caracterizada como um estudo de caso, pois o seu principal objetivo trata-se da aplicação de um método, já existente (MASP), visando à elaboração de planos de ação para solucionar o problema existente, fazendo com que se ganhe mais produção e se diminuam os custos.

Baseada de forma exploratória, segundo Gonçalves (2004), é um processo investigativo que leva à descoberta do verdadeiro problema, ou do problema mais relevante que causa os sintomas. Após sua descoberta, inicia-se o processo de proposição de uma nova metodologia mais estruturada, para a solução do problema original.

O trabalho é de natureza qualitativa e quantitativa e, quanto aos procedimentos técnicos, portanto, houve a necessidade de aprofundar o conhecimento, coletando dados, utilizando ferramentas de qualidade e de processos, para que, assim, se ache as soluções de dados relacionados ao problema.

3.1 ESTUDO DE CASO

A partir do levantamento de dados realizados através das ferramentas de qualidade, foi constatado que há uma perda significativa de produção devido à demora na troca de título (Open End). A partir disso, a princípio foi observada a oportunidade de se aplicar o MASP para gerar ações que possibilitassem a resolução do problema descrito acima.

3.2 TÉCNICA DE PESQUISA

A organização da pesquisa é uma de suas fases mais importantes. Após o adiantamento delas, como a definição do tema, objeto, problema, tipo e campo de pesquisa, a etapa seguinte é a coleta de dados, que também deve ser muito bem planejada e organizada. Em situações comuns, é realizada uma pesquisa bibliográfica. Conforme Vergara (2006), a pesquisa bibliográfica é um estudo sistematizado desenvolvido em materiais publicados, como livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, materiais estes que estão disponíveis ao público em geral e podem ser de fontes primárias ou secundárias.

3.2.1. Coleta de Dados

Conforme Vergara (2006), a coleta de dados deve informar como você pretende coletar os dados para responder ao problema, devendo-se correlacionar os objetivos aos meios para alcançá-los.

Na pesquisa, foram coletados dados da situação atual do processo de Fiação Têxtil, tempo de parada das máquinas de Open End, bem como relatórios anuais de produção e de perdas com as referidas paradas.

3.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO – MASP

Após o término de levantamento de informações, já com os dados obtidos, é iniciada a aplicação da ferramenta MASP, seguindo cada um dos oito passos definidos anteriormente.

Figura 3: Etapas de aplicação do MASP.

PDCA	FLUXO	ETAPA	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vistas.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	?	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Fonte: Campos (1999)

3.3.1 Identificação

Após a coleta de dados, relatórios e aplicação das ferramentas de qualidade, é necessário detectar os problemas. Portanto, o objetivo agora é identificar as principais causas da demora da troca de título nos Open End de Fiação, bem como então, a partir desse resultado, praticar ações implementadas para reduzir ou sanar os principais problemas, a fim de que, assim, aumente a produtividade da máquina.

3.3.2 Observação

O segundo passo do MASP consiste em investigar e apurar como os problemas ocorrem e quais as suas características sobre os vários pontos de vista e da estratificação dos dados para uma melhor descrição das observações. Na etapa da observação, é aplicado o método de estudo, a partir de então, é realizada uma reunião com as pessoas envolvidas no processo MASP, onde é feito um “*brainstorming*”, para que cada participante indique uma possível causa para os

determinados motivos, pois há necessidade de especificar mais a análise dos problemas, através de uma matriz de GUT (Gravidade / Urgência / Tendência).

3.3.3 Análise do Problema

Para essa fase do método, com as causas de cada um dos problemas já definidas, é realizada mais uma reunião com o grupo de gestão para analisar minuciosamente cada motivo, utilizando o Diagrama de Ishikawa, com o objetivo de obter o entendimento dos porquês de determinadas falhas, achando, assim, a causa raiz dos problemas.

Essa análise visa determinar as principais causas do problema, por isso a identificação das causas deve ser realizada de maneira científica, isso é, utilizando de ferramentas de qualidade (HOSOTANI, 1992), como as citadas no parágrafo anterior.

As causas detectadas devem ser registradas e verificadas por todos os envolvidos, para aprovação e continuação da aplicação do método.

3.3.4 Plano de ação

Após detectar as causas raiz, é iniciado um plano de ação. Conforme Kotler (1999), deve-se deixar bem claro os seguintes itens:

- Ações (o que fazer): identifique as ações específicas a serem desempenhadas;
- Período (quando fazer): determine o prazo de execução de cada atividade;
- Como fazer: defina a forma que as atividades deverão ser executadas;
- Responsável (quem faz): atribua a responsabilidade pela execução e conclusão de cada atividade às pessoas mais indicadas.

3.3.5 Ação

Nesta fase do processo, a partir das ações definidas, é ordenado um cronograma, que informa as datas de realização das mudanças definidas, treinamentos das equipes, onde tudo é feito com muita responsabilidade e eficiência para dar estabilidade aos novos processos.

3.3.6 Verificação

Na fase da verificação, ocorre após a implantação efetiva de todas as ações definidas. Os resultados obtidos antes da execução das ações e os resultados alcançados após essa execução são comparados, para demonstrar a melhoria conquistada com o processo.

Em seguida, são listados todos os efeitos secundários que ocorreram devido às possíveis alterações dos processos, e a verificação se o problema analisado realmente foi melhorado ou até mesmo sanado.

3.3.7 Padronização

Após a realização da etapa anterior, considerando que todas as alterações e mudanças alinhadas foram executadas, é o momento de padronizar o processo. Com todos os procedimentos definidos, novos métodos implantados, são realizados treinamento para cada indivíduo que está inserido dentro do processo alterado. É necessário que o gestor acompanhe esse processo de padronização em média por 15 dias, para que aconteçam resultados positivos, visando à melhoria contínua, à redução de custo e o aumento da produtividade. Conforme Kume (1993), padronizar a ação tem como objetivo evitar que o problema retorne ocasionando a sua reincidência.

3.3.8 Conclusão

Nesse momento, é realizada uma reunião para analisar a eficácia na aplicação das melhorias, onde vamos seguir o passo a passo do que foi realizado, apresentar, por meio de relatórios, o que foi analisado e aplicado, para que, dessa forma, caso haja algum problema remanescente, possa ser sanado.

A Última etapa da metodologia visa avaliar todas as etapas anteriores realizadas a fim de obter conhecimento e aprendizado como forma de lições aprendidas e com elas aplicar de melhor forma a metodologia em trabalhos futuros (PARKER, 1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão demonstrados os resultados obtidos através da aplicação de cada um dos tópicos que foram propostos na metodologia.

4.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

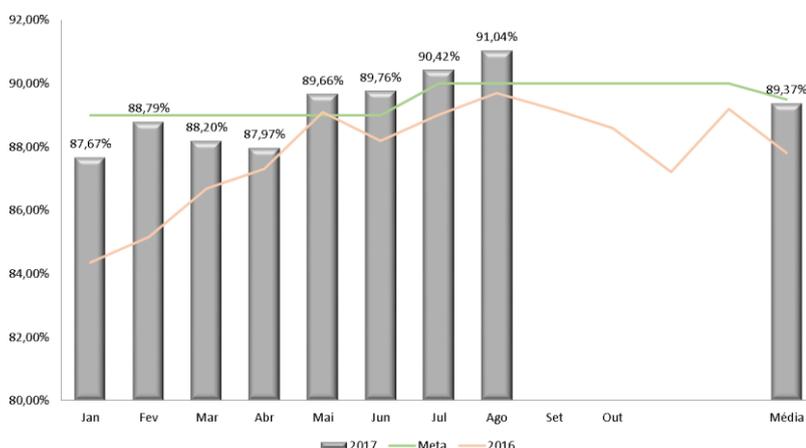
O estudo foi realizado por um grupo de colaboradores envolvidos no setor de produção, gestão e setor de laboratório, que é responsável pela qualidade do fio produzido pela empresa em questão. Após a coleta de dados dos setores acima descritos, foi constatado que se deixava de produzir uma maior quantidade devido ao tempo que levava para fazer a operação de troca de título nas máquinas de Open End.

Atualmente, o setor de fiação (Unidade I) demanda a produção de 60 toneladas a mais de fios, pois que está sendo feita na Unidade do Equador e transportada para Unidade I (Maracanaú). Se conseguirmos atingir a meta de 90% no setor de Open End, vai se atender a demanda da tecelagem, não precisando mais que a Unidade do Equador produza os fios para supri-la, visando, assim, a redução de custos e o aumento de produção.

4.1.2 Histórico do Problema

Na figura 4 está representado o histórico mensal dos seis últimos meses da eficiência das Open End, mostrando assim um comparativo dos meses, verificando assim uma melhora na eficiência.

Figura 4: Histograma de comparativo de eficiência.

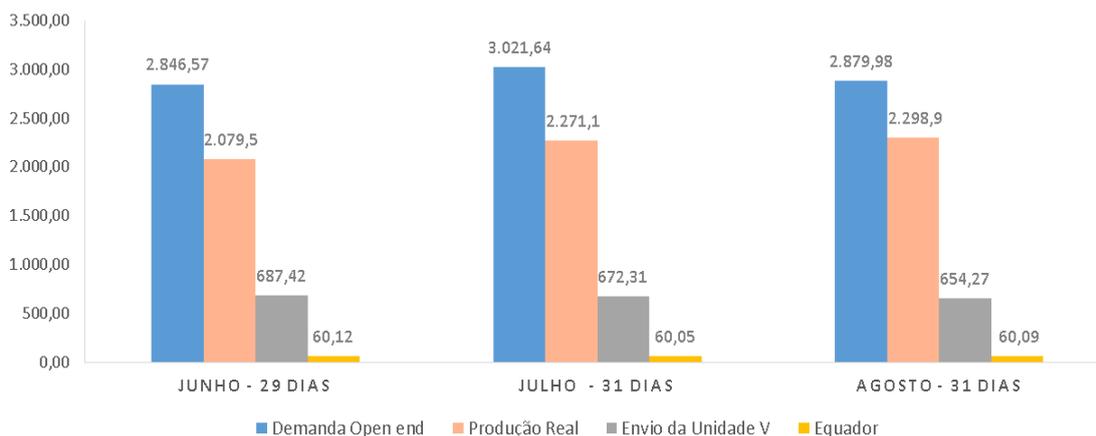


Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.3 Perdas Atuais e Ganho de Oportunidade

Conforme a figura 05 está representado o consumo de fios referentes aos meses de junho a agosto.

Figura 5: Comparativo Demanda x Produção (TON).



Fonte: PCP Vicunha têxtil.

De acordo com a tabela 1, está representado o ganho de oportunidade que a empresa terá com o aumento na produtividade.

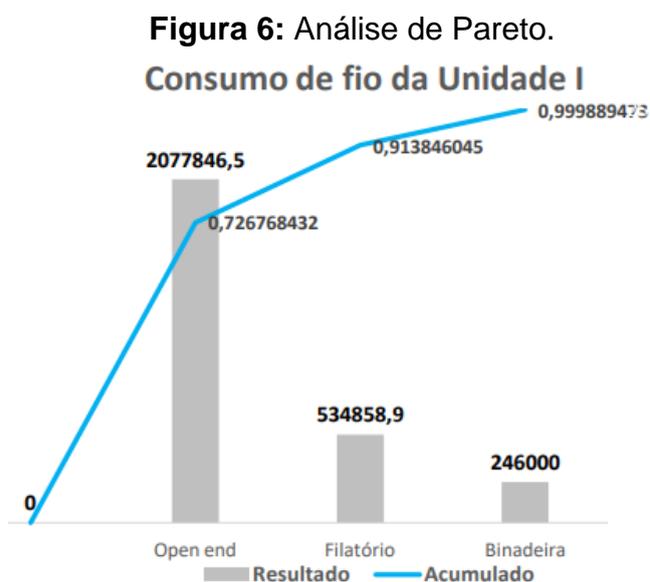
Tabela 1: Ganho de Oportunidade

Ganho de Oportunidade com aumento na produção Oportunidade com aumento na produção	
Fio (Kg)	60.000
Tecido acabado (m ²)	153.982
Preço do metro	R\$ 1,31
Ganho viável em tecido	R\$ 201.716
Economia com transporte do Equador pra Unidade I	US\$ 45.246,69

Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.4 Análise de Pareto

De acordo com a figura 6, está representado o comparativo dos fios que foram produzidos pela Vicunha Unidade I, ficando assim evidente que o fio open end tem volume de consumo maior dos que os demais.

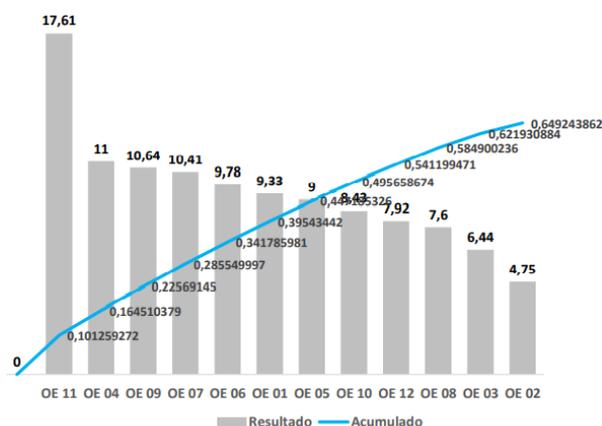


Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.5 Coleta de dados e Estratificação

Verificado a não eficiências de todas OE's do mês de setembro, conforme observado na figura 7, OE nº 11 apresenta o pior resultado referente às demais OE's, onde está representada a perda de eficiência por máquina no setor.

Figura 7: Histograma de acompanhamento Open End.
Não Eficiência OE's



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.6 Gemba (Observação no Local)

De acordo com as tabelas 2 e 3, está representado o acompanhamento das trocas de títulos e sua perda da eficiência após o referido processo.

Tabela 2: Eficiência dos Turnos.

Eficiências < 90% OE11			
Dia	Turno A	Turno B	Turno C
03/ago			80,3%
05/ago		89,4%	
06/ago			87,6%
07/ago	88,9%		89,8%
08/ago		35,8%	70,2%
10/ago		69,4%	
18/ago	52,9%		
26/ago	57,9%		

Fonte: PCP Vicunha Têxtil

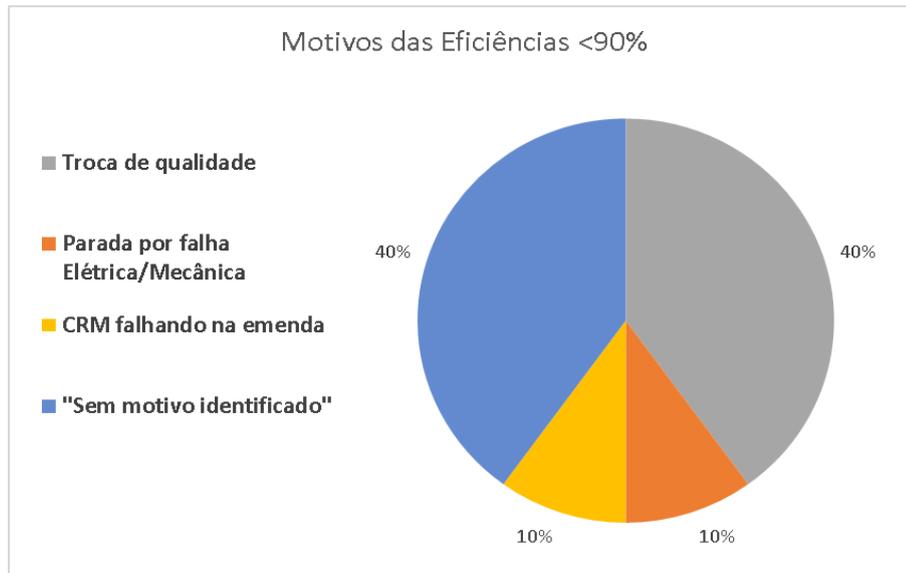
Tabela 3: Relatório de Ocorrência.

Relatório de Ocorrências de Setembro
* Dia 08/08/2017 OE nº 11 trocou de título no turno "B", saiu 9,8/1 NE e entrou 7/1 NE
* Dia 18/08/2017 OE nº 11 trocou de título no turno "A", saiu 7/1 NE e entrou 8,8/1 NE
* Dia 26/08/2017 OE nº 11 trocou de título no turno "A", saiu 8,8/1 NE e entrou 8/1 NE
* Dia 03/08, 06/08 e 07/08/17 o turno "C" abaixo da meta, sem motivo identificado
* Dia 05/08/17 o turno "B" abaixo da meta, sem motivo identificado

Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

De acordo com a figura 8, está representado especificamente a perda de produção por área de intervenção na máquina.

Figura 8: Diagnóstico de parada da máquina.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.7 Meta (Priorização)

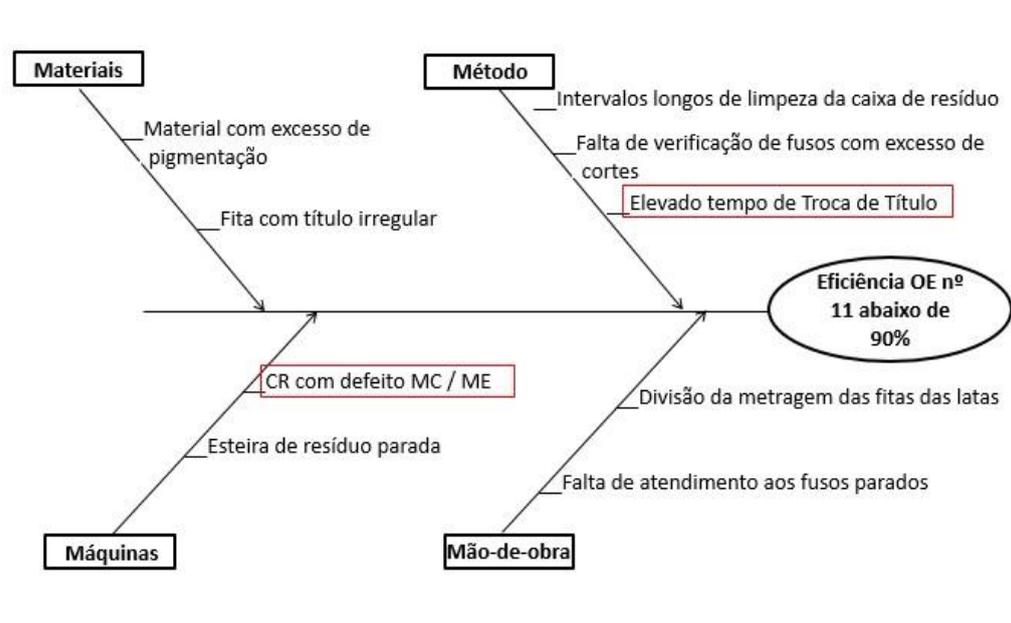
Conforme acompanhamento feito pela equipe (CK), atualmente estamos com média de 82% de eficiência na OE nº 11. Nossa meta é atingir eficiência de 90% na OE 11, até dia 15/12/2017, totalizando, assim, aumento de 8pp nesta máquina.

4.1.8 Causas Influentes (Brainstorming)

Brainstorming é uma técnica utilizada para propor soluções a um problema específico. Consiste em uma reunião também chamada de tempestade de ideias, na qual os participantes devem ter liberdade de expor suas sugestões e debater sobre as contribuições dos colaboradores.

De acordo a figura 9, está representando as causas que maior impactam na perda de eficiência na máquina de open end.

Figura 9: Brainstorming.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.9 Verificação das Hipóteses

De acordo com a figura 10, está representado a perda de produção natroca de título com procedimento efetuado atualmente na Open End.

Figura 10: Perda de Produção na máquina Open End.

Perda de produção na troca de título Procedimento atual	
	Arria-se todas as bobinas
	Solicita programação pelo laboratório para incluir novo título
	Libera-se a máquina para iniciar produção.
Tempo total de duração: 04 horas	

Fonte: PCP Vicunha Têxtil

Paradas CRM's

Exemplo de parada constante de um Coromat (CRM) - Parou nos 3 turnos.

- **OE nº 11- Coromat 03:**

Ordens de Manutenção realizadas pelo mesmo motivo:

- Turno "A" -> OM – 488 "Coromat com falha na emenda";
- Turno "B" -> OM – 612 "Coromat com falha na emenda";
- Turno "C" -> OM – 716 "Coromat com falha na emenda".

*A falha só foi resolvida pelo mecânico de manutenção preventiva no outro dia.

4.1.10 Plano de Ação

De acordo com a tabela 4, está representando o plano de ação das causas encontradas do não alcance das eficiências das open end.

Tabela 4: Plano de Ação MASP.

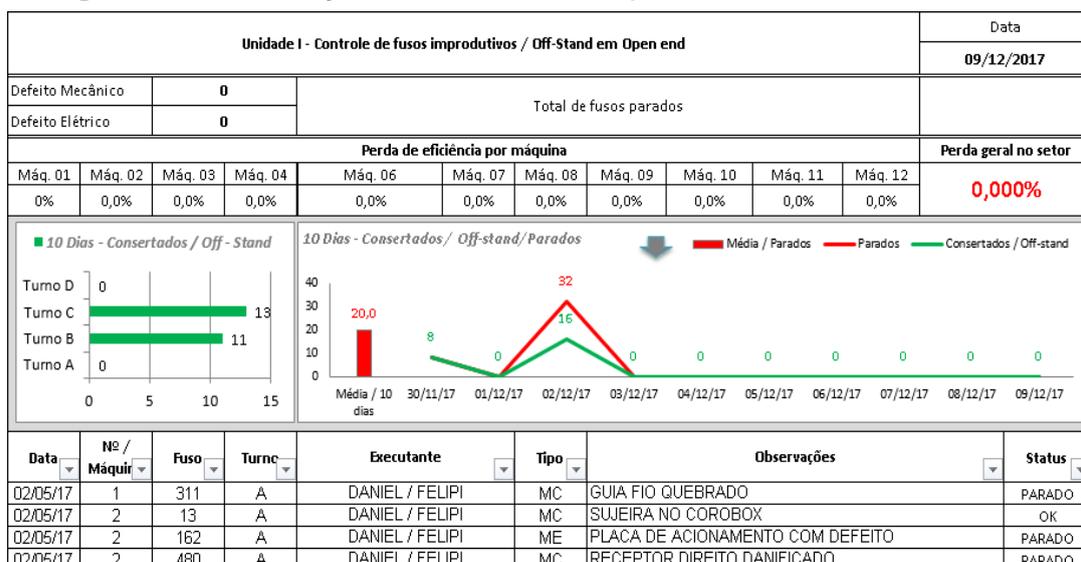
O QUE	QUEM	ONDE	POR QUE	COMO	QUANDO		STATUS
					INÍCIO	FIM	
					Modificar procedimento Troca de Título OE's	Ivan	
Treinamento de supervisores com novo procedimento	Ivan	Em todos os turnos	Para padronizar o procedimento	Através de um passo a passo com fotos e explicação	11/12/2017	31/01/2018	Finalizado
Evitar que CRM's porem fora de posição	Cristiano	Manutenção	Para evitar falha na emenda do fio e baixo rendimento na OE's	Através do check list de acompanhamento da Vida Útil do conjunto translação dos rodízios do CRM.	03/10/2017	10/12/2017	Finalizado
Fusos inoperantes OE's	Cristiano	Manutenção	Evitar perda de eficiência nas OE's	Padronização de acompanhamento / Correção pelo OFF stand	03/10/2017	10/12/2017	Finalizado

Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.11 Treinamento e Execução da Ação

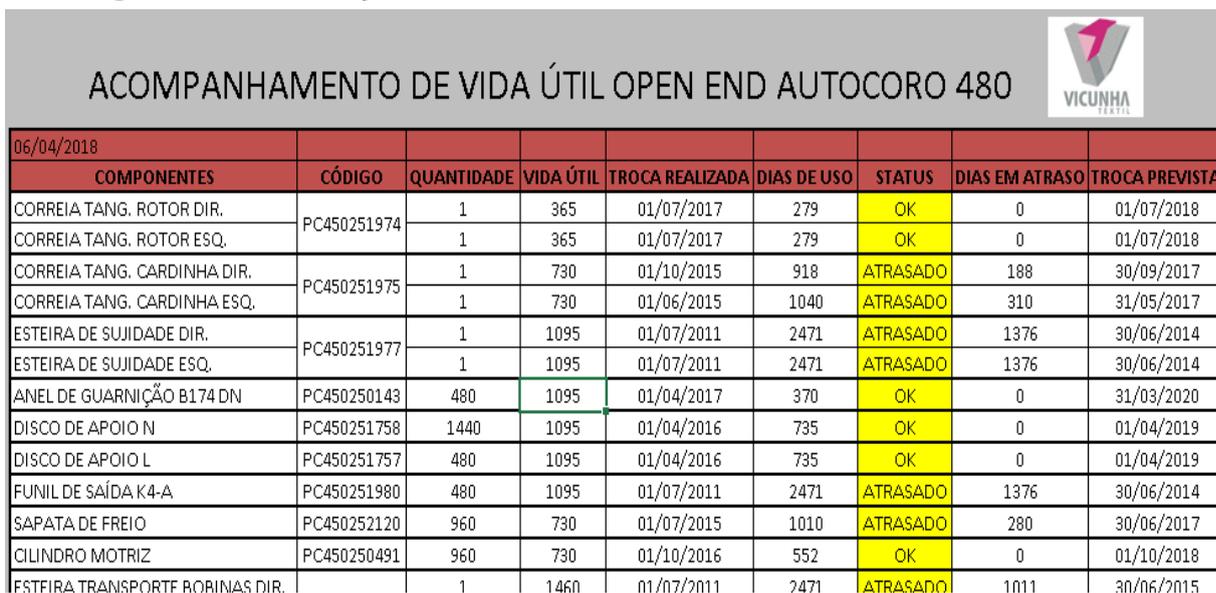
Evidências de execução e acompanhamento das ações, na padronização de conserto e acompanhamento de fusos improdutivos nas OE's. De acordo com a figura 11 e 12, estão representadas as intervenções mecânicas utilizadas nas máquinas das OE's (Open End).

Figura 11: Intervenção Mecânica na máquina.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

Figura 12: Intervenção Mecânica.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

De acordo com a figura 13, está representado o ganho de produção após o novo procedimento na troca de título, onde conforme a figura 10 perdia-se o tempo de 04 horas e com o novo procedimento essa referida perda passou a ser de uma hora.

Figura 13: Perda de Produção.

Perda de produção na troca de título	
	Para a máquina e solicita programação pelo laboratório para incluir novo título
	Arria-se as bobinas já iniciando processo com novo título (Ao mesmo tempo)
Tempo total de duração: 01 hora	

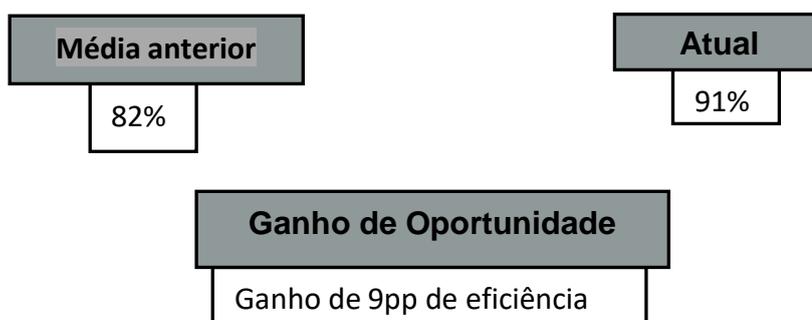
Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

4.1.12 Verificação

De acordo com a tabela 5, está representando o comparativo de resultados, verificando um aumento de 9% em relação a média anterior.

Tabela 5: Comparativo de Resultados.

Open end 11 - Antes		Com aumento de 9pp na eficiência - Depois	
Velocidade	90.000 RPM	Produz	5.453 Kg/dia de fio
Eficiência	82%	Ganho de	489 Kg/dia de fio
Produz	4.964 Kg/dia de fio	Ganho por mês	14.670 Kg/mês de fio
Tecido Acabado			42.817m



Previsto: R\$ 56.090/mês+US\$ 45.246,69 de transporte

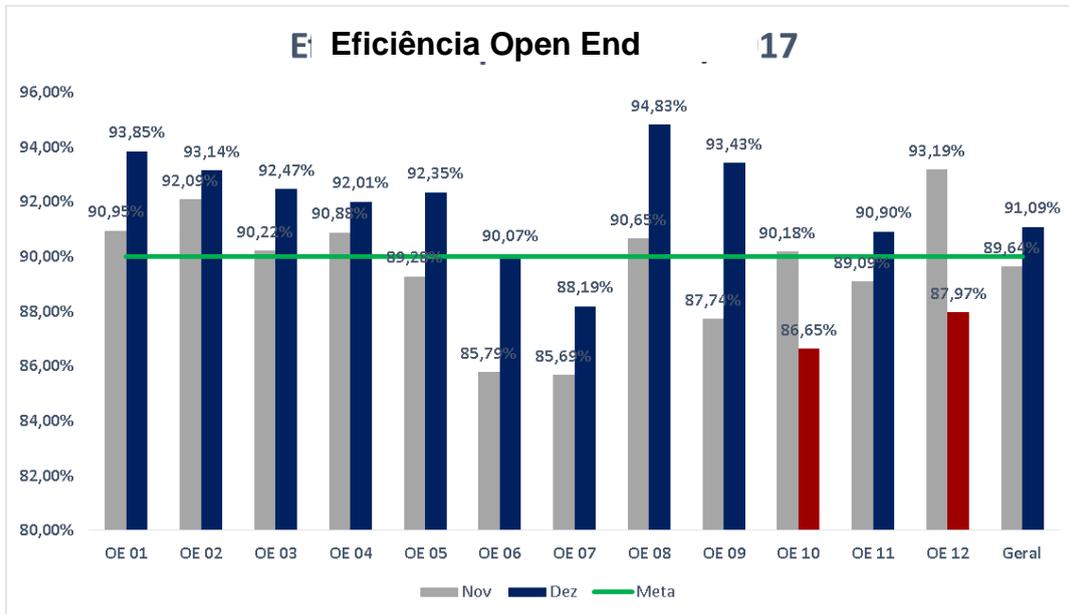
Fonte: PCP Vicunha Têxtil

Após ações realizadas na OE nº 11, tivemos melhora nos seguintes pontos, sendo:

- Redução do tempo de troca de qualidade de 04h para 01h;
- Redução de fusos inoperantes;
- Controle/manutenção na troca do conjunto de translação, vindo melhorar rendimento dos CRM's.
- Ação foi replicada para demais máquinas.

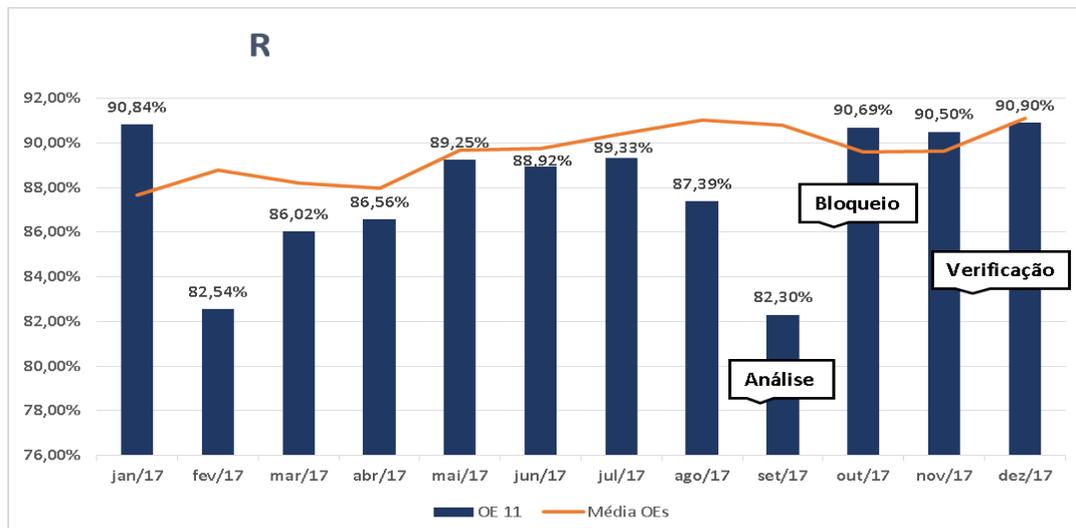
De acordo com as figuras 14 e 15, estão representados os comparativos após as ações realizadas nas open end, bem como a continuidade do processo.

Figura 14: Comparativo após ações.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

Figura 15: Verificação de continuidade após ações.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil

4.1.13 Padronização

Elaboração dos Padrões:

- Foi necessário alterar alguns procedimentos;
- Foi alterado no PO o procedimento troca de qualidade;
- Criado rotina acompanhamento de fusos OFF stand ;
- Criado procedimento acompanhamento e troca do conjunto rodízio translação.

Abaixo segue as evidências OFF Stand. De acordo com a figura 16 e 17, estão representados os acompanhamentos da produção da máquina em tempo real.

Figura 16: Relatório de Off Stand.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil

Figura 17: Relatório de Off Stand.

```

*****
                          Vicunha I
***** REPET. PROTOCOLO TURNO *****
INICIO      C      22:09   Te-13.Fev18
FIM         5:30    Qa-14.Fev18

TEMPO OBSERVADO [min]      441
DURACAO PRODUCAO [min]    441

OFF-STANDARD
=====
RDT  EFF  PI  YC  SLT  MVVC  SH
      80   8   5   +-v  4
-----
50   85  *13 *13  A00 0000 8
     *73 *17 *16  A30 0000 7
     83 *14 *12  A20 0000 6
     87 * 9 * 8   520 0000 5
68   95 * 8 * 5   320 0000 4
     *73 *10 *10  720 0000 3
     *64 * 9 * 9   630 0000 2
     87  6 * 5   410 0000 1
157  *12 *22 *23  000 0000 9
     *20 *26 *27  000 0000 8
     *15 *28 *27  000 0000 7
     *23 *31 *30  000 0000 6

POSTO FIACAO PARADO (0.4 %)
-----
59 208
INDICACOES
    
```

Fonte: PCP Vicunha Têxtil.

Foi realizado treinamento dos supervisores em relação ao novoprocimento de Troca de Título. De acordo com as figuras 18 e 19, estão representados o treinamento do processo implantando na troca de título das open end. Faz-se necessário treinar todos os envolvidos no processo produtivo de fiação, para que se

dê continuidade do que foi implantado. Através checklist e PO's, poderemos acompanhar ações realizadas e implantadas no processo.

Figura 18: Treinamento Troca Título.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil

Figura 19: Treinamento Troca Título.



Fonte: PCP Vicunha Têxtil

4.1.13 Conclusão

Segue alguns problemas remanescentes:

- Na troca de título, aguarda-se a mudança a mudança no PO (Procedimento Operacional);
- As demais ações foram concluídas em 100%;
- Existe-se outras variáveis que podem melhorar ainda mais o rendimento, as

quais que não eram causas raízes do trabalho em questão.

Não foi observado dificuldade para a utilização da ferramenta, visto que os responsáveis na aplicação do processo metodológico foram presentes tinham o domínio do instrumento.

No caso a ferramenta MASP ensina a trabalhar na causa do problema: Estratificação dos maiores motivos; Ishikawa; 5 porquês; Reavaliar ações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia MASP mostrou-se eficiente na organização, visto que se perdia muito tempo na troca de título da máquina de Open End e a partir da aplicação da metodologia sanou-se a dificuldade que havia, atingindo assim números mais significativos para empresa.

Alcançou-se o objetivo esperado, que era aumentar a produção em 9pp para que pudesse eliminar o envio de fios que vinha da Unidade do Equador para Unidade I (Maracanaú/Ceará) e partir de então foi constatado a importância de se aplicar as ferramentas de qualidade em prol da empresa, visto que a competitividade e o alargamento industrial vêm se tornando cada vez maior. Ficou evidenciado a importância do desenvolvimento contínuo nos processos de qualidade, visto que após de aplicar com eficiência as diversas ferramentas de qualidades presentes no âmbito é descoberto as causas raiz dos problemas pelo quais se quer sanar.

Na indústria Têxtil Vicunha Unidade I, foi aplicado o MASP com muita eficiência e seguirmos a padronização da nova metodologia para as outras Unidades. Houve um aumento significativo na produção de fios nas máquinas de Open End, outra vez que foi diminuído o tempo de parada de máquina, otimizando dessa forma a mão de obra, ganhando mais produção e automaticamente maiores lucros.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho**: o caso de uma empresa de autopeças. 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

AILDEFONSO, Edson Costa. **Gestão da qualidade**. Disponível em:

<<http://ftp.ifes.edu.br/Cursos/CodigosLinguagens/EAildefonso/HIST%D3RIA%20DA%20QUALIDADE.pdf>> Acesso em: 13 maio 2020.

CAMPOS, Vicente Falconi, **TQC Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês**, INDG TECS, Belo Horizonte, 1999.

GARVIN, DAVID A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva, Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002;

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, Carlos Alberto; MEIRELES, Anthero de Moraes. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo; Atlas, 2004.

KUME, Hitoshi. The QC Story. In: KUME, Hitoshi. **Statistical methods for quality improvement**. Tokyo: 3A Corporation, 1993. p. 191-206.

MEHLER, J. (2013, setembro 9). **Desafios da Indústria Têxtil**. Recuperado de <https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/19>

MESQUITA, M.; ALLIPRANDINI, D. H. Competências essenciais para melhoria contínua da produção: Estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. Revista Gestão & Produção, v. 10, n. 1, p. 17-33, 2003.

ORIBE, Claudemir Yoschihiro. **Quem resolver problemas aprende?** A contribuição do método de análise e solução de problemas para a aprendizagem organizacional. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

PALADINI, Edson P. **Gestão estratégica da qualidade: princípios, métodos e processos**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

ROONEY, J.; HOPEN, D. **On the trial to a solution: part 2 – what is in? what is out? Defining your problem**. The Journal for Quality and Participation, Vol. 27, No.4, 2004.

SANTOS, O. S.; PEREIRA, J. C. S.; OKANO, M. T. **Aplicação da Ferramenta qualidade MASP** 2012.

Disponível em:<<https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais/article/view/81>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2006.

WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Vol. 1. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

REAPROVEITAMENTO DO PÓ DE CICLONE DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NA INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO NORDESTE

Jardel Lima Mota
Kamila Lima do Nascimento
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

O presente trabalho visa mostrar o potencial e a viabilidade da utilização do resíduo sólido da indústria siderúrgica para sua utilização no setor de cerâmica na região nordeste. Especificamente, o estudo direciona-se a demonstrar as potencialidades do pó de ciclone, também conhecido como “pó de balão”, obtido através da limpeza a seco dos gases do alto forno. O referido pó é composto por partículas/pó dos finos de carvão mineral, minério de ferro e fundentes. Pode ser utilizado como elemento constituinte da massa argilosa para fabricação de artefatos cerâmicos para a indústria de cerâmica. A produção de resíduos de pó de ciclone proveniente do processo produtivo gera uma quantidade significativo em toneladas, que ocupam áreas de armazenagem interna dentro das plantas industriais e em áreas externas a saturação de locais para disposição em aterros sanitários, da poluição contaminando o meio ambiente não sendo disposto de forma correta e em aterros industriais licenciados, isso justifica a necessidade da criação de mecanismos que contribuam para a redução de passivo ambiental, redução da utilização de matéria prima, minimizando a exaustão do recurso natural, buscando a geração de receita e desenvolvimento de novos mercados através da implantação, do desenvolvimento e da conscientização de técnicas associadas as tecnologias vigentes para o reaproveitamento ecologicamente correto, provocando uma redução do desperdício, da geração de resíduos, da ocupação de espaço.

Palavras-chaves: Resíduo; Siderúrgica; Processo; Pó; Ciclone.

ABSTRACT:

This paper aims to show the potential and the feasibility of using solid waste from the steel industry in the ceramic manufacturing in the Northeast region. Specifically, the study aims to demonstrate the potential of cyclone powder obtained through dry cleaning of blast furnace gases. Said powder consists of particles / powder of fine mineral coal, iron ore and fluxes and can be used as a constituent element of the clay mass for the manufacture of ceramic artefacts for the ceramics industry. The production of cyclone powder from the production process generates a significant amount in tons, which occupy internal storage areas inside industrial plants and in external areas the saturation of places for disposal in landfills, of pollution contaminating the environment and not being correctly disposed of in licensed industrial landfills, this justifies the need to create mechanisms that contribute to the reduction of environmental liabilities, reducing the use of raw materials, minimizing the exhaustion of the natural resource, seeking the generation of revenue and the development of new markets through the implantation, development and awareness

of techniques associated with current technologies for ecologically correct reuse, causing a reduction in waste, residue generation, and space occupation.

Keywords: Waste; Steelworks; Process; Powder; Cyclone.

1 INTRODUÇÃO

O tema deste estudo é o reaproveitamento do pó de ciclone da indústria siderúrgica na produção de cerâmica na região nordeste. O setor siderúrgico gera uma diversidade de resíduos que podem tornar-se problemáticos para a indústria na medida em que estas necessitam seguir regras rigorosas que acarretam processos dispendiosos, além de poder gerar impactos ao meio ambiente. Vários estudos buscaram demonstrar que os resíduos da indústria podem ser retornados ao processo, como fonte de energia ou como matéria prima. Este trabalho soma-se aos esforços mencionados tendo objetivo demonstrar as potencialidades da utilização de resíduos industriais siderúrgicos como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos na região nordeste.

O descarte do resíduo no setor siderúrgico é caro, pois sem os devidos cuidados geram passivos ambientais, e isso provoca impacto financeiro com prejuízo também para a sociedades. Além de ocupar espaços produtivos em área internas nas empresas, que podem ser usufruídas para outras finalidades mais compensatórias na visão administrativa e espaços externas em aterros sanitários que podem ser poupados do sacrifício em receber um resíduo, que pode ser racionalizado na fonte geradora.

As empresas já não podem mais dar-se ao luxo de ter suas matérias primas jogadas fora em forma de resíduos, pois são recursos disponíveis e que podem ser reutilizadas em seus processos produtivos, não simplesmente descartados como se eles não tivessem valor.

Recomenda-se ainda o uso de resíduos siderúrgicos incorporados com subprodutos industriais em produtos cerâmicos, especialmente além das vantagens óbvias de benefícios ambientais quando estes materiais adicionam versatilidade para os sistemas de materiais cimentícios (OTI, KINUTHIA & BAI, 2009).

Nas últimas décadas, a segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, através de várias aplicações para demonstrar que os resíduos da indústria podem ser

fonte de consumo, como coproduto para outras atividades econômicas com possibilidade de utilização na redução da exploração de recursos naturais. No intuito de buscar melhorias sugere-se o estudo da incorporação de resíduos industriais na cerâmica, visando à manutenção das propriedades dos produtos e redução do impacto ambiental (JUNIOR *et al.*, 2013; NASCIMENTO, 2014).

O reaproveitamento de resíduos siderúrgicos já é realidade em outros estados da região Sul e Sudeste, mas não no Nordeste. Hoje com o empreendimento da siderúrgica implantado especificamente no Ceará, torna possível o fornecimento do resíduo siderúrgico, tal como, o pó de ciclone como alternativa para incorporação na produção de artefatos cerâmicos.

É compreensível que este ainda não seja amplamente conhecido na região Nordeste, pois não havia disponibilidade do fornecimento deste resíduo para uso com esta finalidade de aplicação, sendo os custos com a logística referente a movimentação deste coproduto siderúrgico inviável para as empresas desta região obterem um ganho financeiro juntamente com o ambiental.

Este estudo descreve e analisa utilização do pó de ciclone na produção de produtos cerâmicos através de revisão de literatura. Recorre-se à literatura encontrada em livros e artigos que mostram as técnicas já existentes e as diversas demonstrações de aplicações para a utilização do pó de ciclone, resíduo proveniente do processo de lavagem de gases de uma indústria siderúrgica integrada, em beneficiamento da produção cerâmica, fornecendo um componente para ser adicionado a argilas na produção de artefatos cerâmicos.

Diante do exposto, buscou-se identificar na literatura sobre o tema se as práticas de reaproveitamento já comuns em outras regiões do país poderiam ter aplicabilidade no Nordeste. Deste modo, o problema de pesquisa que conduziu esta investigação foi o de saber se: a literatura sobre o tema do reaproveitamento do pó de ciclone oferece suporte para que se possa inferir que sua aplicação no Nordeste pode ser empreendida?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO PRODUTIVO DE UMA SIDERÚRGICA

A seguir será abordado de forma sucinta as etapas do processo produtivo de uma siderúrgica e de suas unidades de processamento para um melhor entendimento da origem do resíduo que pode ser incorporado na composição há argila cerâmica.

Uma usina siderúrgica é um ramo de atividade econômica que faz uso intensivo de recursos naturais e não renováveis, através da transformação desta matéria prima extraída da natureza e da utilização de energia, criando um elevado volume de produtos e coprodutos obtidos através das diversas etapas do processo produtivo de transformação do minério de ferro, carvão vegetal ou coque e adição de fundentes dando origem ao ferro gusa, que é produzido através do Alto Forno.

Figura 1: Vista geral de uma planta Siderúrgica.



Fonte: O autor, 2020.

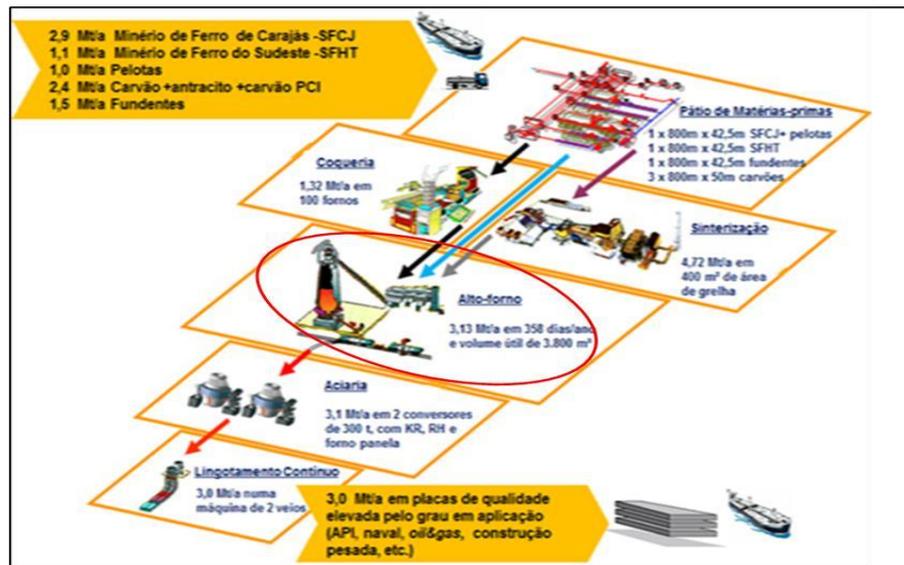
A tabela 1 demonstra a sequência de processo do fluxo de produção até o Alto Forno, onde encontra-se o sistema de limpeza de gases, sendo obtido o pó de ciclo. A título de informação será identificada algumas etapas meramente ilustrativas abaixo (Figura 2).

Tabela 1: Descrição operacional seguindo a ordem dos processos.

Unidades Operacionais	Pátio de Matérias Primas Coqueria Sinterização Alto Forno Aciaria Lingotamento Contínuo
-----------------------	--

Fonte: o autor, 2020.

Figura 2: Principal unidade produtiva em destaque: Alto Forno.



Fonte: Memorial Descritivo Empresa A.

2.1.1 Alto Forno

O Alto Forno é um reator metalúrgico destinada à produção de ferro gusa (Figura 3), através da fusão redutora de minério de ferro, carvão vegetal ou coque e fundentes os quais são carregados pelo topo do Alto Forno, e na descida, são transformados pela ação dos gases ascendentes, proveniente da combustão do carvão com o oxigênio soprado pelas ventaneiras, obtendo-se a escória e o ferro gusa depositado em seu interior, mas também gera uma quantidade de resíduos industriais, além de emitir materiais particulados com a poeira e os gases no topo, que são coletados pelo sistema de limpeza.

Figura 3: Visão geral do Alto Forno.



Fonte: O autor, 2020.

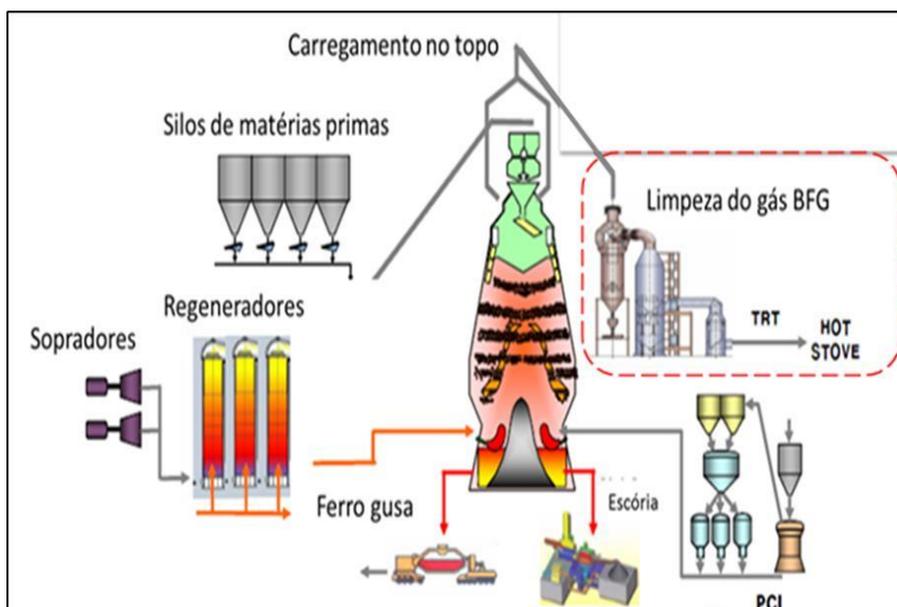
Unidades e etapas principais

- ❖ Transporte de matérias primas;
- ❖ Carregamento pelo topo;
- ❖ Transformação de carga,
- ❖ Vazamento de gusa na Casa de corrida;
- ❖ Regeneradores;
- ❖ Sistema de limpeza do gás Alto Forno (BFG - Blast Furnace Gas);
- ❖ Granulação de escória;
- ❖ Sistema de injeção de carvão pulverizado (PCI);

Sistema de limpeza primária do gás de Alto Forno

Na usina de limpeza de gás de Alto Forno (Figura 4 e 5), o gás redutor ($\text{CO} + \text{H}_2$) produzido na zona de combustão do Alto Forno (região das ventaneiras) sobe em contra-corrente à descida da carga, que durante sua elevação, provoca o aquecimento da carga, reações de decomposição e redução de óxidos. Como consequência deste processo, obtém-se o gás no topo parcialmente oxidado em CO_2 e H_2O . Este gás é conhecido como gás de Alto Forno (BFG - Blast Furnace Gás), que possui elevada capacidade calorífica e pode ser usado como combustível nos processos siderúrgicos.

Figura 4: Visão das unidades e etapas do Alto Forno.



Fonte: Memorial Descritivo Empresa A.

O gás que sai no topo do Alto Forno tem uma quantidade elevada de particulado, exigindo um prévio tratamento para possibilitar a sua utilização como combustível. Esta poeira é proveniente de finos da carga metálica, do coque e da degradação do sínter, gerando muitos finos que são facilmente arrastados pelo gás. O gás constitui uma fonte de energia muito útil em toda a usina, sendo indispensável portanto a sua utilização de modo econômico e racional. Essas condições exigem que o gás seja tratado da melhor maneira possível.

Sendo realizada a limpeza primária que consiste em eliminar parcialmente por via seca os particulados. Essa eliminação é tanto mais eficiente quanto: mais baixa for a velocidade do gás, maiores e mais pesadas forem as partículas e mais baixa for a viscosidade do gás. O equipamento responsável por essa limpeza é o ciclone. A entrada do gás no ciclone se faz pela parte baixa e a saída pela parte alta. A separação da poeira no ciclone se faz por gravidade e será tanto mais eficiente quanto maior for o volume para uma vazão de gás. A retirada do particulado acumulado em seu interior é realizada periodicamente, utilizando-se de vagões ferroviários ou caminhões. Todo o pó de ciclone gerado no Alto Forno é reciclado.

Figura 5: Vista do Sistema de limpeza de gás BFG no Alto Forno.



Fonte: O autor, 2020.

Para um esclarecimento a respeito do esquema de limpeza de gases do Alto Forno abordado anteriormente, a ilustração acima traz uma visão real do equipamento, sendo que o objeto explorado é o pó captado no sistema.

Serão introduzidos conceitos praticados e aliados a teoria a respeito do reaproveitamento do pó de ciclone, da sustentabilidade e da viabilidade econômica como ferramenta estratégica. Apoiando a indústria cerâmica no uso do resíduo

oriundo do setor siderúrgico onde está inserida a empresa pesquisada sendo embasam a utilizada no estudo realizado.

Os estudos dos impactos e a conscientização ecológica devido ao reaproveitamento dos resíduos em destaque o pó de ciclone oriundo de processo siderúrgico como meio de geração de valor, vêm causando uma crescente alternativa para as empresas e a sociedade, fazendo com que novos modelos e métodos de utilização de tecnologia sejam empregados na redução e obtenção de recursos não renováveis, gerando a busca por estratégias competitivas.

Baseando-se nos conceitos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída no Brasil pela lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010, considera-se por reciclagem o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos os novos produtos. Da mesma forma, a reutilização é descrita como o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química (BRASIL, 2010).

A indústria de cerâmica pode absorver um amplo conjunto de resíduos de outras indústrias, o que é, do ponto de vista ambiental, bastante positivo, uma vez que não apenas se reduz o uso de matéria-prima, mas se proporciona um encaminhamento útil desses resíduos, evitando que sejam dispostos inadequadamente no ambiente.

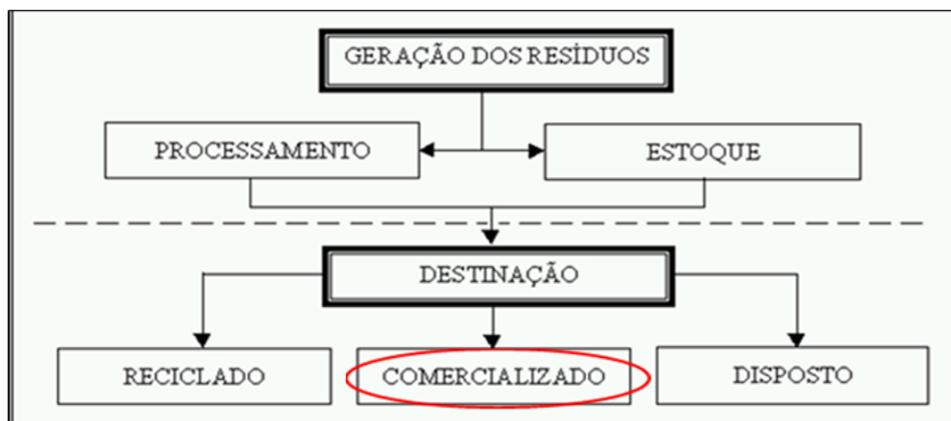
Os resíduos podem ser utilizados na indústria de cerâmica por incorporação à massa cerâmica ou como combustíveis responsáveis pela queima do corpo cerâmico, sendo que, em ambos os casos, é utilizado o poder calorífico dos resíduos para auxiliar na queima, como combustíveis diretos, ou misturados na argila.

Dessa forma, a utilização de resíduos industriais como matéria prima secundária em produtos cerâmicos apresenta-se como uma solução, porém, deve-se garantir a queima adequada de metais pesados e outros elementos indesejáveis constituintes dos resíduos, assim como a incorporação destes à matriz, de modo a evitar o arraste por meio líquido no uso e descarte final de novos produtos. Para isso, é necessário que se obtenha uma temperatura de queima suficiente, controlada por meio de termopar, sendo seu uso ainda não consolidado por parte dos empreendimentos.

– Todas as etapas de gestão de resíduos devem atender aos requisitos legais enormes técnicas aplicáveis em nível Federal, Estadual e Municipal;

- Os seguintes princípios devem ser considerados: reduzir a geração, reutilizar, reciclar ou comercializar resíduos de forma ambientalmente correta.

Figura 6: Fluxograma de destinação.



Fonte: O autor, 2020.

É geralmente possível recuperar e agregar valor aos resíduos siderúrgicos, alguns por técnicas de processamento mineral, físico ou químico (DAS *et al.*, 2007). Transformar os desperdícios contínuos de forma que possam ser reutilizadas na mesma unidade de produção ou por diferentes instalações industriais é essencial, não somente para conservar metais e recursos minerais, mas também para proteger o meio ambiente.

A indústria de cimento foi a que primeiro se engajou na proposta de utilização de subprodutos industriais na composição de seus produtos, sendo que, atualmente, é responsável pelo consumo de grande parte da escória siderúrgica e cinzas em geral (JOHN, 1995; REIS *et al.*, 2007).

Segundo Mourão (2011), a composição entre os resíduos varia muito em função dos procedimentos e características das matérias primas utilizadas. Os sólidos são os que apresentam maior potencial para a reutilização e reciclagem, em especial aqueles que possuem teor de ferro em sua composição, tais como; escórias, lamas, poeiras/pós e carepa.

Os resíduos com poder calorífico elevado, como resíduos de madeira, coque de petróleo, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, resíduo de algodão, papel e papelão, são utilizados como combustíveis diretos. A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa

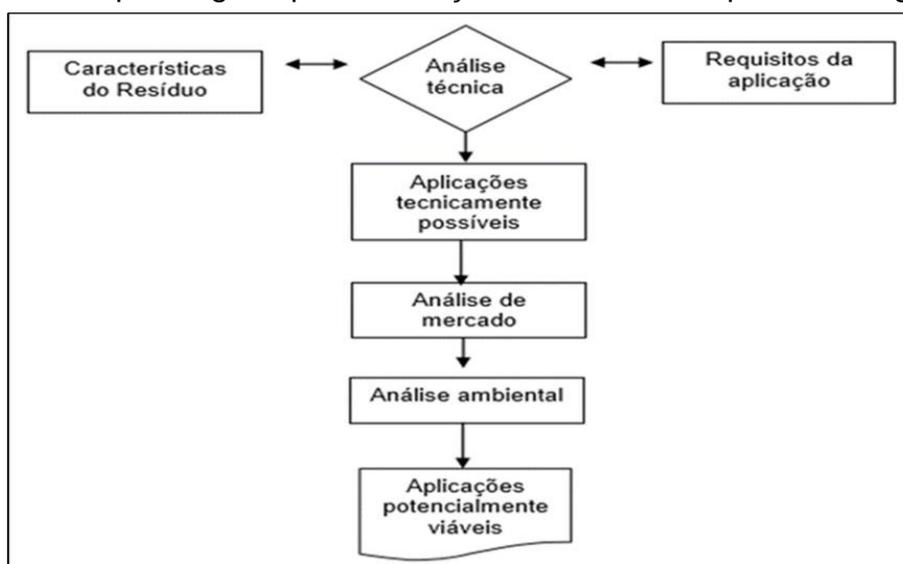
na ordem de 30% e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção (FEAM, 2012).

Para a incorporação de resíduos na massa cerâmica deve-se observar a proporção utilizada de modo a evitar a perda de resistência mecânica. Além disso é importante considerar a granulometria das partículas, pois a adição de elementos com granulometria considerada alta pode alterar o nível de plasticidade da massa, causando dificuldade na absorção da água (PUREZA, 2004).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para o aproveitamento destes resíduos, principalmente para as escórias. Estas são aplicadas em diversas áreas como aplicação em fertilizantes (ACCIOLLY *et al.*, 2000), indústria de cimento (JOHN, 1995), pavimentação asfáltica e lastro rodoviário (CASTELO BRANCO, 2004), correção de acidez do solo (PRADO, 2000), incorporação em cerâmica vermelha (VIEIRA *et al.*, 2006) entre outras.

As mudanças relativas à conscientização, à atitude da população e à compreensão do problema dos resíduos que é um problema de “gestão política que envolve o setor público + setor privado + sociedade civil”, levaram à introdução de uma legislação específica em quase todos os países que visavam à diminuição dos resíduos e incentivando a maiores índices de reciclagem ficando o aterro como última opção (BEL, 2006).

Figura 7: Esquema geral para a seleção de alternativas para reciclagem.



Fonte: John *et al.*, 2003.

3 METODOLOGIA

A etapa da metodologia foi realizada por pesquisa bibliográfica apresentada de forma descritiva utilizando-se consulta a literatura relacionada ao tema já publicadas em fontes confiáveis, constando em artigos, obtidos de fontes diversas através de documentos públicos e textos científicos em bibliotecas tradicionais e digitais, sites de entidades relacionadas ao setor siderúrgico e ceramista, mundial, nacional, regional ou local, além de consultas a centros virtuais de referência para a construção civil e experimentos já realizados por outras empresas e pesquisadores de renome acadêmico.

Procedimentalmente a pesquisa foi iniciada pela pesquisa nas fontes mencionadas a partir de palavras-chaves referentes ao tema em análise. Em seguida, procedeu-se com o tratamento da informação baseada nos textos encontrados para fornecer ao leitor informações gerais sobre o estado da arte referente ao tratamento de resíduos em indústrias siderúrgicas. Por fim, procedeu-se com a descrição das análises encontradas sobre a utilização do pó de ciclone relacionando o referido material com a realidade específica do nordeste brasileiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na revisão bibliográfica foi abordado à respeito do pó de ciclone de modo geral, da sua utilização na indústria, enfatizando na discussão e resultados como o que foi feito em outros locais do Brasil podem ser aplicados no Nordeste, e entender do ponto de vista dos parâmetros encontrados na caracterização no Sudeste se são os mesmo encontrados no Ceará.

Na análise, percebe-se que é possível a utilização do resíduo do processo siderúrgico pó de ciclone como elemento incorporado à argila cerâmica na produção de artefatos cerâmicos.

Ao examinar os percentuais de incorporação, podemos identificar que suas adições, conforme aplicação, estão dentro dos estudos já mencionados, seguindo procedimentos e normas na literatura clássica, objetivando de forma clara o seu propósito.

Ao avaliar as propriedades físicas e mecânicas com valores permitidos para estes parâmetros, foi possível observar que o comportamento atende suas

finalidades sem prejudicar sua resistência e uso final. Averiguado que as formas qualitativas e quantitativas dos elementos identificados em laudo de caracterização dos componentes constituintes, estão dentro dos parâmetros normatizados para sua aplicabilidade. A finalidade com que o processo é demonstrado resulta de uma variedade de casos já relatados com aplicação comprovada por vários idealizadores juntamente com empresas que são acompanhadas por associações, fundações, instituições e federações que replicam a utilização de forma a atender todas as expectativas.

Também podemos examinar que vários pesquisadores já aplicaram de forma prática e com resultados significativos, que a utilização é perfeitamente viável, sendo possível sua replicação também na cerâmica da região nordeste.

Ao término, nas conclusões, são feitas considerações a respeito da descrição acerca dos coprodutos (pó de ciclones) e sua aplicabilidade para o setor cerâmico juntamente com algumas estratégias sugeridas, no intuito de contribuir para o crescimento do reaproveitamento deste resíduo, enriquecendo as opções de medidas a serem implementadas para promover o almejado crescimento com sustentabilidade e com economia.

A coleta de pó de ciclone do Alto Forno para caracterização dos elementos constituintes foi idealizada por Oliveira (2002), utilizando massa argilosa e resíduo sólido de siderurgia na forma de um pó fino e de cor escura. As composições químicas da massa argilosa e do resíduo sólido de siderúrgico utilizados são mostradas em Tabelas I e II abaixo (OLIVEIRA, 2002).

Tabela 2: Metodologia aplicada.

Tabela I - Composição química da argila utilizada. [Table I - Chemical composition of the clay.]		Tabela II - Composição química do resíduo de siderurgia. [Table II - Chemical composition of the siderurgy solid waste.]	
Composição	(% em massa)	Composição	% em massa
SiO ₂	43,11	SiO ₂	12,41
Al ₂ O ₃	29,70	Al ₂ O ₃	5,48
Fe ₂ O ₃	9,38	Fe ₂ O ₃	57,94
TiO ₂	1,47	TiO ₂	0,21
K ₂ O	1,45	MnO	0,62
Na ₂ O	0,53	ZnO	0,24
MgO	1,13	K ₂ O	0,63
CaO	0,24	CaO	5,82
P ₂ O ₅	0,21	SO ₃	2,23
Mn ₂ O ₃	0,06	PF	14,42
PF	12,72		

Fonte: Oliveira, 2020.

De forma as ter as informações sobre a caracterização do resíduo é importante: Determinar as características físicas, químicas, mineralógicas e morfológica do resíduo siderúrgico, com interesse para indústria cerâmica; Identificar a quantidade adequada de resíduo a ser incorporado em função da plasticidade e das propriedades da massa cerâmica utilizada; Determinar as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas em função da quantidade de resíduo incorporado: 0, 5, 10 e 20% em massa, conforme já descritos em literatura existente a aplicado na prática; Avaliar propriedades com: plasticidade, retração linear, absorção de água e tensão de ruptura a flexão; Correlacionar as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas queimadas com a microestrutura; Verificar a inertização de elementos potencialmente tóxicos e perigosos na cerâmica queimada por meio de ensaio de solubilização; Verificar a redução de custo devido a redução do gasto energético.

Conforme literatura e aplicabilidade prática nas indústrias cerâmicas do Estado de Minas Gerais é comum utilizar na incorporação da massa os resíduos de pó de balão e lama de alto-forno. A proporção de resíduo varia de 5 a 10%, conforme critérios adotados pelos ceramistas.

A indústria de cerâmica é muito importante do ponto de vista ambiental, pois possibilita o reaproveitamento de resíduos sólidos de outras indústrias, incorporando-os na massa cerâmica. Este aproveitamento traz alguns benefícios para a indústria de cerâmica como redução do custo e da quantidade de matéria prima utilizada, redução do consumo de combustível, além de evitar que estes resíduos tenham destinação ambientalmente incorreta.

A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa na ordem de 30% e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção (FEAM, 2012).

Apesar do pó de balão e lama de alto-forno não serem considerados resíduos perigosos e trazerem benefícios para a cerâmica, são necessários cuidados no seu armazenamento temporário: devem ser armazenados em depósito temporário coberto, com piso concretado e fechado nas laterais.

Figura 8: Depósito adequado para armazenamento de pó de ciclone.

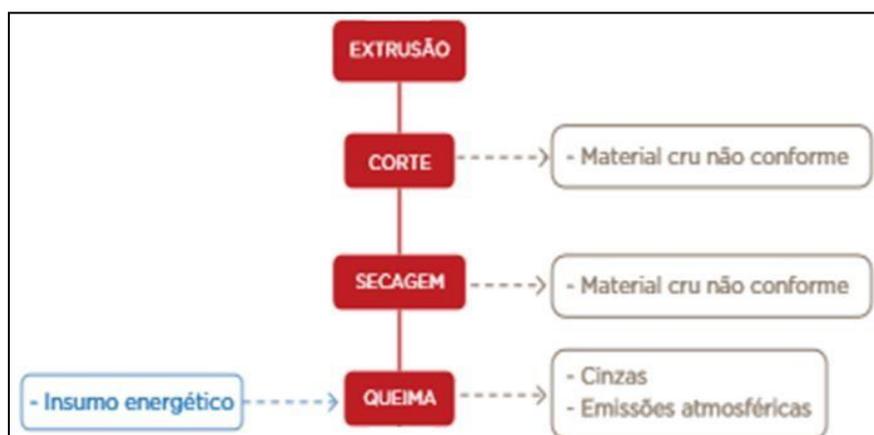


Fonte: FIEMG, 2013.

O reaproveitamento destes insumos é outro ponto positivo da indústria de cerâmica, uma vez que reduz a necessidade de se extrair recursos naturais, reduz custos de transporte e aquisição de combustíveis fósseis e evita-se que eles tenham destinação ambientalmente incorreta.

Incorporação de resíduos à massa cerâmica em uma sinergia, visando uma semiose na cadeia de materiais para alcançar um ganho expressivo de recursos, tempo e econômico.

Figura 9: Fluxograma do processo produtivo da indústria de cerâmica.



Fonte: Adaptada da Associação Brasileira de Cerâmica.

Apoiando-se à literatura, as caracterizações físicas e químicas realizadas neste trabalho permitiram a obtenção de propriedades relacionadas à estudos anteriores que indicam e demonstram o reaproveitamento do coproduto da indústria siderúrgica nas indústrias cerâmicas.

Em laudo de caracterização de resíduo LOG nº 6903/2018 foi feita uma avaliação na amostra de Pó de Ciclone do ALTO FORNO, coletado na Empresa A. Esta avaliação foi realizada com base nas análises das amostras de ensaio de lixiviação e solubilização, conforme estabelece a Norma Brasileira NBR 10006 de 2004.

Segundo o laudo o resíduo pó de ciclone do alto-forno não é corrosivo, conforme evidencia o teste. Resíduo Classe II A - Resíduo Não Inerte (EUROFINS, 2018). Na Tabela 3 e 4, os parâmetros exigidos por norma Ba, Cd, Cr e Pb no lixiviado apresentaram quantidades bem abaixo dos valores limites. No solubilizado, o Al apresentou-se em quantidade normais aceitável por norma, o Al presente na argila é um dos seus constituintes naturais e, desta forma o teor acima do limite estipulado por norma é questionável do ponto de vista de problemas ambientais (MACIEL *et al.*, 2006).

Tabela 3: Resultado do lixiviado para inorgânicos.

Ensaio de Lixiviação segundo ABNT NBR 10005:2004					
LOGIN:		PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018			
pH do extrato lixiviado obtido:	Tempo total de lixiviado:		Volume dos extratos obtidos:		
7,77	18 horas		2000 mL		
PARÂMETROS INORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Arsênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	1,0	498
Bário Total	mg/L	0,361	0,010	70,0	498
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	0,004	0,5	498
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	0,009	1,0	498
Cromo Total	mg/L	< 0,010	0,010	5,0	498
Fluoreto Total	mg/L	6,21	0,150	150	576
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	0,0002	0,1	495
Prata Total	mg/L	< 0,005	0,005	5	498
Selênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	1,0	498

Tabela 4: Resultado do solubilizado para inorgânicos.

Ensaio de Solubilização segundo ABNT NBR 10006:2004					
LOGIN:			PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018		
pH do extrato Solubilizado obtido: 11,4					
PARÂMETROS INORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Alumínio Total	mg/L	0,779	0,030	0,2	498
Arsênio Total	mg/L	0,061	0,010	0,01	498
Bário Total	mg/L	0,085	0,010	0,7	498
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	0,004	0,005	498
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	0,009	0,01	498
Cianeto	mg/L	5,60	0,2400	0,07	571
Cloreto Total	mg/L	292,1	0,300	250	499
Cobre Total	mg/L	< 0,009	0,009	2,0	498
Cromo Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,05	498
Ferro Total	mg/L	30,3	0,030	0,3	498
Fluoreto Total	mg/L	2,36	0,300	1,5	499
Fenóis Totais	mg/L	< 0,009	0,009	0,01	626
Manganês Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,1	498
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	0,0002	0,001	495
Nitrato (como N)	mg/L	0,223	0,150	10,0	499
Prata Total	mg/L	< 0,005	0,005	0,05	498
Selênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,01	498
Sódio Total	mg/L	94,9	3,00	200	498
Sulfato Total	mg/L	52,9	0,300	250	499
Surfactantes	mg/L	2,89	0,030	0,5	556
Zinco Total	mg/L	0,377	0,070	5,0	498

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo demonstrar as potencialidades da utilização de resíduos industriais siderúrgicos como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos, como blocos cerâmicos e tijolos estruturais na região nordeste.

Baseado nos resultados da análise, conclui-se que o material reaproveitado do processo siderúrgico em outras regiões do país, também poderia ser aplicado na região nordeste, contribuindo para a redução de passivo ambiental, redução da utilização de matéria prima, minimizando a exaustão do recurso natural, buscando a geração de receita e desenvolvimento de novos mercados através da implantação, do desenvolvimento e da conscientização de técnicas associadas às tecnologias vigentes para o reaproveitamento ecologicamente correto, provocando uma redução do desperdício, da geração de resíduos, da ocupação de espaço.

Ainda, foi possível constatar que a existência de um empreendimento siderúrgico na região nordeste com grande movimentação e conseqüentemente acúmulo de resíduos como o pó de ciclone torna urgente a tarefa de repensar possibilidades adequadas e sustentáveis de descarte, especialmente através do reaproveitamento do resíduo “pó de ciclone” de seu processo em favor de outra empresa em uma relação de simiose.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para resíduos sólidos** - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10005. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10006. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Riode Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10007. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ACCIOLLY, A. M. A. et al. **Pó de forno elétrico de siderurgia como fonte de micronutrientes e de contaminantes para plantas de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 2000.
- BEL, D. B. **Resíduos Industriais: soluções e perspectivas para o futuro**. ABEBRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. São Paulo: VIII Semana Fiesp do Meio Ambiente, junho 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2 ago. 2010.
- CASTELO BRANCO, V. T. F.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B. **O efeito da heterogeneidade do agregado de escória de aciaria nas propriedades de misturas asfálticas**. In: XVIII ANPET, 2004, Florianópolis. XVIII Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2004. v. 1. p. 103-114.
- DAS et al. **An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 1, p. 40-57, 2007.
- EMPRESA A. **Memorial Descritivo**. Ceará, 2016.

FEAM, Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Ação para Adequação Ambiental e Energética das Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado de Minas Gerais**. Minas Gerais, 2012.

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG, **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA**, Belo Horizonte, 2013.

FERREIRA, T. S. et. al. Reaproveitamento do pó de balão da indústria siderúrgica como matéria prima na cerâmica vermelha. 10º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, PB, 2019.

JOHN, V.M. **Cimentos de escória Ativa com Silicato de Sódio**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1995.

JUNIOR, A. M. B. et al. Estudo para análise de ciclo de vida de produtos cerâmicos. Revista Jovens Pesquisadores, v. 3, n. 2, 2013.

OLIVEIRA, G. E. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT-LAMAV, Campos dos Goytacazes, RJ (2002).

OTI, J.E., KINUTHIA, J.M., BAI, J., “**Compressive strength and microstructural analysis of unfired clay masonry bricks**”, Engineering Geology, v. 109, pp. 230–240, 2009.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M. **Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana de açúcar em vaso**. Scientia Agricola, v.57, 2000.

REIS, J.P. et al. **Incorporação de escória de alto-forno e vidro reciclado em cerâmica vermelha**. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007.

VIEIRA, C. M. F. et al. **Alterações microestruturais de cerâmica argilosa incorporada com resíduo de minério de ferro**. In: Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 62, 2007, Vitória/ES. Anais: Congresso Anual da ABM, 2007, p.493-500.

GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO COMO INTENSIFICADORA NA PRODUTIVIDADE E PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DOS FUNCIONÁRIOS DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Sâmia Pimentel Holanda
Karla Lúcia Batista Araújo
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

Visto o crescente número de doenças ocupacionais, em especial as LER/DORT, as organizações estão mais atentas ao quesito segurança dos colaboradores. Estas doenças estão ligadas diretamente ao declínio do desempenho da função do operador, inclusive aumento no número de absenteísmo. O objetivo geral do trabalho foi identificar e analisar no setor de conicaleira da organização, fatores de riscos que possam estar acarretando danos a integridade dos funcionários e em consequência diminuindo a produtividade, devido ao alto absenteísmo. Visando o aumento da produtividade e a preservação da integridade dos funcionários de uma indústria têxtil. No processo investigativo metodológico, foram utilizadas observações de documentos legais e verificação de indicadores de absenteísmo, além, da análise ergonômica do trabalho auxiliada pela aplicação do método OWAS (uma avaliação postural) e Questionário Nórdico junto aos funcionários (21 operadores de conicaleira). Pela análise dos dados, verificou-se que o alto número de ausências ao trabalho nesta função, deve-se por doenças osteomusculares que os funcionários vêm adquirindo ao logo da sua vida laboral. Acredita-se, que os resultados extraídos desta pesquisa podem servir como recomendações e sugestões a organização, visando à melhoria do bem-estar e saúde do trabalhador, em contrapartida o aumento da produtividade.

Palavras-chave: Método OWAS; Análise Ergonômica do Trabalho; Questionário Nórdico.

ABSTRACT:

Given the growing number of occupational diseases, especially such as RSI/WMSDs, organizations are more attentive to employee safety issues. These diseases are directly linked to the decline in the performance of the operator's role, including the increase in the number of absences. The general objective of the present work was to identify and analyze in the organization's sector of auto-corners, risk factors that may be causing damage to the integrity of employees and consequently reducing productivity, due to high absenteeism. Aiming at increasing productivity and preserving the integrity of employees in a textile industry. In the methodological investigative process, observations of legal documents and verification of absenteeism indicators were used, in addition to the ergonomic analysis of the work, aided by the application of the OWAS method (a postural assessment) and Nordic Questionnaire with the employees (21 auto-corner operators). By analyzing the data, it was found that the high number of absences from work in this role is due to

musculoskeletal diseases that employees have been acquiring throughout their working life. It is believed that the results extracted from this research can serve as recommendations and suggestions to the organization, aiming at improving the well-being and health of the worker, in contrast to increasing productivity.

Keywords: OWAS method; Ergonomic Work Analysis; Nordic questionnaire.

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais movido pela tecnologia e dinâmico, as organizações de produção e administrativas tem se adaptado as obrigações legais de segurança e medicina do trabalho exigindo também dos funcionários adaptação ao ritmo das atividades. Neste contexto, surge a vivência da segurança do trabalho como atuante para o desenvolvimento laboral e permanência de mão de obra saudável no meio produtivo.

As condições de trabalho podem ser definidas como os meios pelos quais os funcionários desenvolvem suas tarefas, não importando como sejam elas, porém irão determinar o sucesso ou insucesso da produtividade, bem como o bem-estar do trabalhador.

O interesse pelo tema gestão de segurança do trabalho como intensificadora na produtividade e preservação da integridade dos funcionários de uma indústria têxtil surgiu a partir da curiosidade de estudar e compreender a problemática do alto absenteísmo e afastamentos no setor de conicaleira.

O departamento de conicaleira é um setor que possui máquinas de mesmo nome e são operadas por funcionários que são treinados. Essas máquinas são responsáveis por enrolar os fios vindo em espulas da fiação em conicais, a mesma possui um sensor que detecta defeitos, onde automaticamente corta o fio, remove os defeitos e posteriormente realiza a emenda.

Buscou-se neste trabalho identificar e analisar através de um estudo de caso no setor de conicaleira de uma indústria têxtil, fatores de riscos que possam estar acarretando danos à integridade dos colaboradores e em consequência diminuindo a produtividade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Algumas empresas destacam - se no quesito segurança por realizarem uma excelente gestão de segurança e medicina que influencia diretamente no índice de competitividade no mercado e aumento de produtividade. Porém, existem organizações que colocam em segundo plano a segurança do trabalho, dando prioridade em atender apenas as condições mínimas exigidas por lei. Visto, que para as mesmas, devido a crescente competitividade de mercado a segurança do trabalho adiciona apenas valor organizacional.

Para Pacheco Júnior et al. (2000), a Segurança do Trabalho é um conjunto de subsistemas constituídos de normas mínimas que atuam, visando, através de um planejamento e desenvolvimento de ações teóricas e práticas, a prevenir acidentes do trabalho e doenças ocupacionais de uma organização, de forma a satisfazer as necessidades da própria organização e de seus trabalhadores.

Estudos ergonômicos do trabalho, conforme Santana (1996) tem como uma das pretensões a proteção da saúde dos trabalhadores, gerando uma melhoria na qualidade de vida, além da melhoria da produção e da produtividade. É fundamental pontuar que, no Brasil, o Ministério do Trabalho e Previdência Social estabeleceu a Portaria nº 3.751, em 23/11/90, Norma Regulamentadora (NR) 17, que trata da Ergonomia. Esta norma visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

O número de adoecimento e absenteísmo na organização aumentará sempre que à empresa levar em consideração que o operador é um indivíduo estável no tempo e no espaço, adaptável às normas prescritas, ilimitado e com capacidade de responder aos imprevistos da produção (ASSUNÇÃO E ALMEIDA, 2003, p.1502).

Segundo Sato (2003), a ausência de controle dos riscos constitui-se em risco real para o desenvolvimento de diferentes formas de adoecimento que se desdobram em problemas osteoarticulares, distúrbios gastrintestinais, alterações cardiovasculares, distúrbios de saúde mental e acidentes de trabalho. Os fatores que cooperam para a maior incidência de adoecimento, a progressiva diminuição ou carência de controle dos trabalhadores sobre o processo de trabalho.

2.2 QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO

Albuquerque e Limongi (1998, p.41) afirmam que a qualidade de vida no trabalho é um conjunto de ações de uma empresa que envolve diagnóstico e implantação de melhorias e inovações gerenciais, tecnológicas e estruturais dentro e fora do ambiente de trabalho, visando propiciar condições plenas de desenvolvimento humano para e durante a realização do trabalho.

Existe uma hierarquização das necessidades referente a qualidade de vida no trabalho, o estudo foca às necessidades ligadas à segurança, entendendo que todo ser humano busca sentir-se amparado, protegido contra enfermidades físicas, mentais e/ ou emocionais, sem ameaças ao seu bem-estar. São as necessidades de segurança ou de estabilidade, a busca de proteção contra ameaça ou privação, a fuga ao perigo (CHIAVENATO, 2000, p. 394).

Os estudos de VIEIRA (2000) demonstram que as empresas que instigam a participação dos colaboradores nas decisões, e onde existe uma administração mais democrática podem elevar a motivação dos trabalhadores, dessa forma auxiliando para diminuir os acidentes, doenças ocupacionais e focando em atitudes seguras. As indicações deste autor concebem um apoio relevante para resolver a problema da alta incidência de acidentes e doenças de trabalho na empresa.

É necessário salientar que é difícil a implantação de melhorias ergonômicas, visto a dificuldade em prever a eficácia da intervenção em relação ao custo benefício. A indefinição ou mesmo a inexistência de dados sobre o valor que será investido, além do tempo de retorno do investimento ser imprevisto, pode ser fator crucial para inviabilizar a implantação de projetos ergonômicos, pois as organizações precisam de informações precisas quanto ao retorno do investimento, em vez de argumentos vagos sobre futuros benefícios aos funcionários da organização.

Segundo IIDA (2005) a tomada de decisão nas organizações geralmente é com base em dados objetivos, muitas vezes fundamentados na análise custo e benefício. Isto significa que os investimentos só seriam realizados se os benefícios antecipados fossem maiores que os seus custos.

2.3 RISCOS AMBIENTAIS

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho - OIT (2011), o risco é a probabilidade de que uma pessoa fique lesionada ou sofra efeitos adversos na sua saúde quando exposta a um perigo, ou que os bens se danifiquem ou se percam.

Segundo a portaria nº 3214, do Ministério do Trabalho do Brasil, de 1978, que contém uma série de normas regulamentadoras que consolidam a legislação trabalhista, relativas à segurança e medicina do trabalho, os riscos ambientais estão classificados em cinco tipos, conforme Norma Regulamentadora nº 05 (NR-05): riscos de acidentes, riscos ergonômicos, riscos físicos, riscos químicos e riscos biológicos.

Os riscos ambientais que devem ser reconhecidos e avaliados na gestão de segurança do trabalho são aqueles originários das atividades laborais que podem gerar acidentes ou agravo à saúde do trabalhador expostos a tais riscos. Já PPRA é o programa que através da antecipação da detecção dos riscos auxilia na implantação de medidas de controle visando a proteção do trabalhador.

Para Maas (2013), só é possível identificar e avaliar os riscos de acidentes e doenças ocupacionais mediante o domínio a cada tarefa desenvolvida e metodologias que admitam analisar e avaliar as condições laborais.

A OMS define que “Saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças e enfermidades” (CONSTITUIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1946)

Nesse contexto, para que se faça uma boa gestão de segurança, os profissionais da área devem detectar os riscos que os funcionários estão expostos diariamente no ambiente de trabalho.

2.4 ERGONOMIA

Ergonomia, segundo IIDA (1990), pode ser entendida como o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Com extensa abrangência refere-se aos equipamentos, maquinários e todas as circunstâncias que envolve o relacionamento homem e seu trabalho. Ainda segundo a autora ergonomia como uma ciência que estuda várias condições ocupacionais, como: fatores ambientais, posturais,

operacionais e organizacionais, além do ritmo, turno, carga e intensidade de trabalho.

De acordo com COUTO (1998), a ergonomia apresenta quatro áreas aplicadas diretamente ao trabalho: Ergonomia na organização do trabalho pesado, Biomecânica aplicada ao trabalho, Adequação ergonômica geral do posto de trabalho e Prevenção da fadiga no trabalho.

Nesta perspectiva vale enfatizar que em suas exposições os autores são unânimes em afirmar que os riscos ergonômicos estão diretamente ligados ao aumento de doenças relacionadas ao trabalho como as LER/DORT (Lesões por Esforço Repetitivo/Doenças Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho), estresse, fadiga mental e física.

O ambiente organizacional dotado de circunstâncias, no qual, a tarefa exija excessivas repetições dos movimentos determina a quebra do equilíbrio do operador e causa o adoecimento. Em compensação, a variedade de circunstâncias associada à possibilidade de poder agir de outro modo, o operador origina um ambiente favorável ao desenvolvimento da atividade.

A abordagem metodológica para reconhecimento dos riscos ergonômicos empregada neste estudo será a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e os conceitos da ergonomia que são empregados como guia na busca por informações e características relacionadas à atividade de trabalho desenvolvida pelos funcionários do setor de conicaleira.

2.4.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

De acordo com Gontijo e Sousa (1993), a análise ergonômica do trabalho, conduzida de maneira ampla e procurando observar o contexto organizacional e de trabalho, permite identificar e avaliar como as diversas condicionantes tecnológicas, econômicas, organizacionais e sociais afetam o trabalho dentro da empresa e conduz ao estabelecimento do quadro geral de necessidades da organização.

A AET, segundo Lida (2005), visa aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação real de trabalho e é um exemplo de ergonomia de correção.

Dessa forma, pode-se compreender que a análise ergonômica do trabalho (AET) estuda cada posto de trabalho que pertence a um sistema produtivo,

verificando todos os pontos inadequados ao desenvolvimento da atividade. Por tanto, sua aplicação pode ser realizada nos mais diversificados setores, indústria, e em todas as tarefas diárias do dia a dia.

2.4.2 Métodos para auxílio da AET

Existem alguns métodos para auxílio à análise ergonômica do trabalho. Na pesquisa o estudo e aplicação do *Questionário Nórdico do Sistema Osteomuscular e Ferramenta OWAS* serão explanados.

2.4.3 Questionário Nórdico do Sistema Osteomuscular (QNSO)

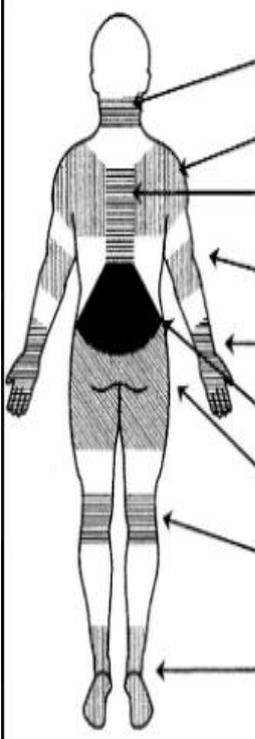
Do inglês, *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* – NMQ - (KUORINKA *et al.*, 1987), o questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares (QNSO) foi desenvolvido para padronizar a mensuração das queixas osteomusculares.

A ferramenta é autoaplicável, composta por uma figura do corpo humano dividida em nove regiões anatômicas: região cervical, ombros, parte superior das costas, cotovelo, punho/mãos, parte inferior das costas (região lombar), quadril e coxas, joelhos, tornozelos e pés.

Santos *et al.*, (2015) disponibiliza um modelo de questionário Nórdico, reconhecido internacionalmente, utilizado para a mensuração dos sintomas osteomusculares. Conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Questionário Nórdico

DISTÚRBIOS MÚSCULO-ESQUELÉTICOS
 Por favor, responda às questões colocando um "X" no quadrado apropriado _ um "X" para cada pergunta. Por favor, responda a todas as perguntas mesmo que você nunca tenha tido problemas em qualquer parte do seu corpo. Esta figura mostra como o corpo foi dividido. Você deve decidir, por si mesmo, qual parte está ou foi afetada, se houver alguma.

	Nos últimos 12 meses, você teve problemas (como dor, formigamento/dormência) em:	Nos últimos 12 meses, você foi impedido(a) de realizar atividades normais (por exemplo: trabalho, atividades domésticas e de lazer) por causa desse problema em:	Nos últimos 12 meses, você consultou algum profissional da área da saúde (médico, fisioterapeuta) por causa dessa condição em:	Nos últimos 7 dias, você teve algum problema em?
 PESCOÇO	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
OMBROS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PARTE SUPERIOR DAS COSTAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
COTOVELOS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PUNHOS/MÃOS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
PARTE INFERIOR DAS COSTAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
QUADRIL/ COXAS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
JOELHOS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
TORNOZELOS/ PÉS	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim

Fonte: Santos *et al.*, (2015)

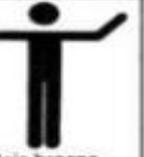
Os convidados a responder o questionário devem indicar ou não dores, desconforto vivenciados nos últimos sete dias e 12 meses, incapacidade de realizar algumas atividades do dia a dia e busca por ajuda profissional nos últimos 12 meses em decorrência da sintomatologia osteomuscular. Os resultados são avaliados por meio da frequência de sintomas nas diferentes regiões do corpo.

2.4.4 Ferramenta OWAS (Ovaco Working Posture Analysing System)

Consiste no estudo e avaliação da postura do homem durante seu período de trabalho, podendo-se também ser usado para desenvolvimento de uma nova ferramenta ou de um novo posto de trabalho adequado ergonomicamente a uma determinada atividade, segundo Manual WinOWAS (apud CRUZ *et al.*, 2009). Trata-se de um método Finlandês recomendado por pesquisadores finlandeses (KARHU, KANSI e KUORINKA, 1977) para Ovaco Ou Company em conjunto com o Instituto finlandês de Saúde Ocupacional para analisar as posturas de trabalho em uma indústria de aço.

Fundamenta-se na atividade por amostragem em períodos constantes ou variáveis, verificando a frequência e o tempo gasto para executar cada postura. Nas amostragens são consideradas as posições das costas, braços, pernas, uso de força e fase da atividade.

Figura 2. Classificação das posturas no sistema OWAS

DORSO	1  Reto	2  Inclinado	3  Reto e torcido	4  Inclinado e torcido
BRAÇOS	1  Dois braços para baixo	2  Um braço para cima	3  Dois braços para cima	EXEMPLO  CÓDIGO: 215 DORSO Inclinado 2 BRAÇOS Dois para baixo 1 PERNAS Uma perna ajoelhada 5
PERNAS	1  Duas pernas retas	2  Uma perna reta	3  Duas pernas flexionadas	
	4  Uma perna flexionada	5  Uma perna ajoelhada	6  Deslocamento com pernas	7  Duas pernas suspensas

Fonte: lida, 2005.

Segundo, Másculo e Vidal (2011), a ferramenta OWAS é um método simples para análise da postura do funcionário durante a execução de suas atividades. Os

resultados têm como base o posicionamento dos braços, coluna e pernas, além de levar em consideração as cargas e esforços feitos durante a execução da atividade,

Apesar de não ser o objetivo primordial do método as atividades de levantamento manual de cargas também são analisadas e categorizadas de acordo com o esforço do trabalhador, podendo resultar em três valores: 1 (carga ≤ 10 kg), 2 (>10 kg e ≤ 20 kg) e 3 (> 20 kg). Assim, após a etapa de caracterização das posturas e da determinação do peso das cargas, os valores identificados são comparados com uma tabela, apresentada na figura 3, onde é alcançado o resultado final que assinala o nível de risco.

Figura 3. Sistema OWAS: Classificação das posturas pela combinação das variáveis

DORSO	BRAÇO	PERNAS																				
		1							2							3						
		CARGA																				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Fonte: Iida 2005

Através da indicação do nível de risco, é encontrado o resultado final que indica a avaliação da postura e a categoria de ação a ser tomada, utilizando uma escala de quatro pontos, como segue:

- Categoria 1: postura normal, não é necessária a adoção de medidas corretivas;
- Categoria 2: postura requer a adotadas medidas corretivas em futuro próximo;

- Categoria 3: postura requer a adoção de medidas corretivas assim que possível;
- Categoria 4: postura que deve merecer atenção imediata.

2.5 INDÚSTRIA TÊXTIL

A ideia do empreendimento têxtil no Brasil iniciou-se no período colonial, no século XVIII, quando a larga produção de algodão e algumas medidas governamentais motivaram o estabelecimento de várias fábricas no interior do País.

Segundo Aragão (2002), houve outros fatores que alavancaram o capital na indústria têxtil entre eles o custo do algodão na praça, uma política de manufatura e comercialização do produto, atribuindo responsabilidade ao Estado.

O processo de fiação consiste em transformar a matéria-prima, previamente tratada, em um fio, por meio de um conjunto de operações previamente determinadas.

2.5.1 Processo Produtivo

A seguir foram apresentadas as etapas do processo produtivo da indústria têxtil que fábrica fio de algodão, disponibilizado pelo núcleo de treinamento da empresa:

1º Após a aquisição da matéria-prima (Algodão), este é armazenado no DMP (Depósito de Matéria Prima), sendo dividido de acordo com sua origem.

2º O setor de Laboratório retira uma amostra de cada fardo que compõe a carga, e esta amostra é analisada e catalogada de acordo com as especificações do algodão de cada região, sendo estas:

- ✓ Comprimento da Fibra
- ✓ Tenacidade
- ✓ Cor
- ✓ Nível de açúcar e etc.

3º Após parecer emitido pelo setor de laboratório, o Gerente de Produção, fará uma mistura dos diversos tipos de algodão, de acordo com suas respectivas regiões e fará uma “mistura”, indicando que deverá compor o processo produtivo, apenas aqueles fardos de algodão especificados naquele momento.

4º Este parecer é enviado ao Encarregado do DMP, que fará a separação dos respectivos fardos, para iniciá-los no processo produtivo.

5º Os fardos são então posicionados no setor de Abertura, onde são retirados manualmente os arames de metal que envolve os fardos, sendo estes posicionados para a captação feita pela primeira máquina do processo, o Blendomat.

6º A partir deste momento é iniciado o processo de limpeza do algodão e flocagem, para que fique bem misturado, este processo é automático e o algodão passa por várias máquinas que farão uma limpeza fina e mistura dos flocos de algodão.

7º Este processo de Abertura do algodão termina na máquina chamada Carda, que faz a limpeza final e acondiciona o algodão, que já está em forma de fita, em latas de plástico.

8º Estas latas são transportadas para o setor de pré-passagem, onde estas fitas de algodão são unidas e estiradas pelos passadores de pré-passagem e são acondicionadas em outras latas, também na forma de fita de algodão.

9º Estas latas seguem para o processo seguinte que é a unificação, limpeza e acondicionamento das fitas, agora em forma de rolos de algodão, estes rolos são transportados em carros, sendo que cada carro tem a capacidade de transportar quatro rolos, para o setor seguinte.

10º No setor de penteadeiras, os rolos são colocados na máquina pelo operador e a máquina dá início ao processo de paralelização das fibras, fazendo a penteagem do algodão e mais uma vez acondicionando o algodão penteado em latas na forma de fita penteada.

11º As Fitas penteadas são levadas para os passadores que mais uma vez farão o processo de estiragem das fibras, unindo-as em uma única fita e por mais uma vez acondicionando em latas.

12º As latas com fitas dos passadores são levadas às máquinas Maçaroqueiras para um estiramento final e enrolamento do pávio de algodão em tubetes plásticos, encerrando assim o processo da preparação do algodão.

13º No setor seguinte, que é a Fiação, temos apenas um processo, que é a fiagem do pávio de algodão transformando-o em fio, este processo é feito por quarenta e sete máquinas chamadas de Filatórios.

14º Os Filatórios enrolam o fio de algodão em pequenos tubetes plásticos denominados Canilhas, e estes são enviados ao setor de Conicaleira.

15º No setor de Conicaleira, o fio é analisado e enrolado em uma bobina denominada Cone, sendo que durante o processo de bobinagem, são eliminados os defeitos do fio, este processo é feito pela máquina Conicaleira.

16º Após este processo de bobinagem, os Cones são levados para a máquina Vaporizadora, para um processo de umidificação do fio, através do vapor de água no interior da máquina.

17º Após este processo, os Cones são ensacados, encaixotados, pesados e levados para o DPA (Depósito de Produto Acabado).

Os fios produzidos pela organização são penteados e cardados:

➤ Fios Penteados

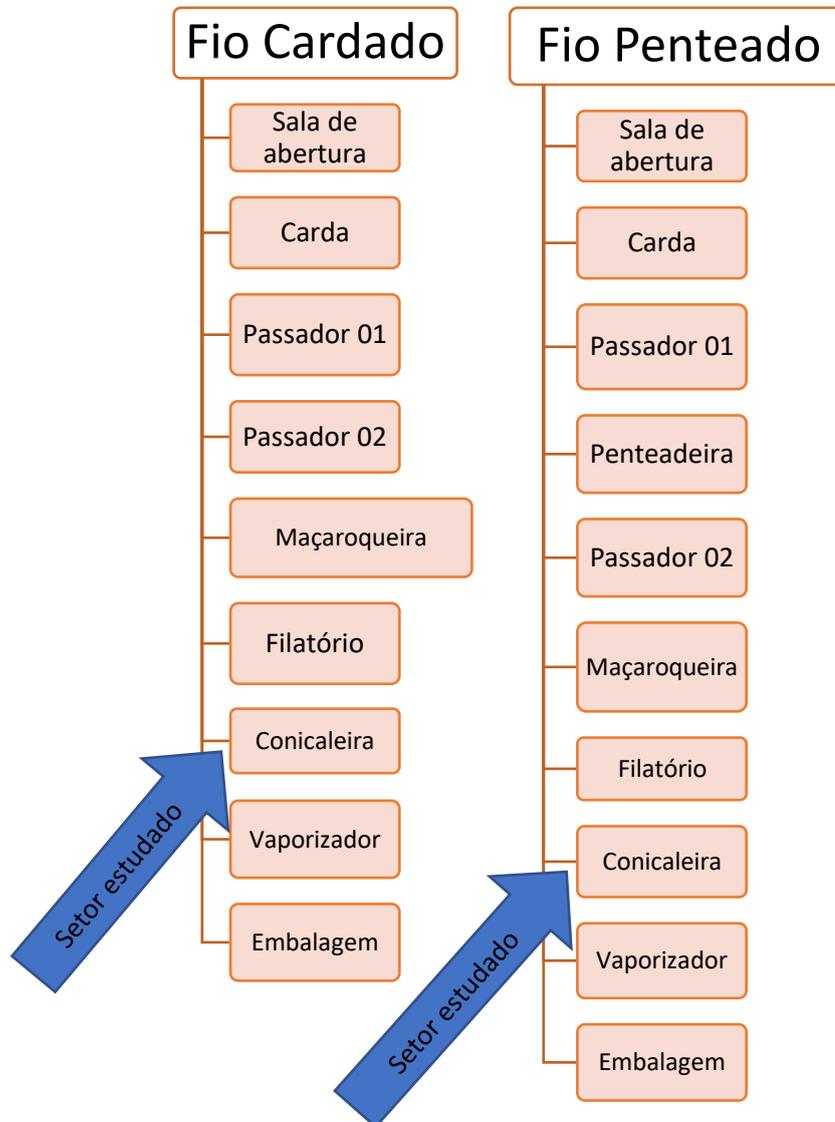
Produzidos pelo método convencional, a partir do sistema de filatórios anel. O fio é produzido passando pelo processo de penteagem que retira da matéria-prima as impurezas e fibras curtas. Na fase de fiar (filatórios), passa pelo filatórios de anéis. Uma das vantagens deste sistema é a flexibilidade de produção, pois permite produzir fios de qualquer espessura, além de produzir um fio de maior resistência e consequentemente, de maior valor agregado.

➤ Fios Cardados

Fios também produzidos a partir do sistema anel (método convencional), porém apresenta duas fases a menos do que os fios penteados, justamente a fase da unilap e a fase de separação das fibras curtas das longas, nas penteadeiras, sai dos passadores SB'S 1º passagem, direto para os passadores 2º passagem, depois maçarqueiras e posteriormente filatórios, gerando desta forma, fios mais fracos com processo de limpeza inferior e fios mais grossos do que os fios penteados.

Na Figura 4, o processo produtivo:

Figura 4: Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: Próprio Autor

2.5.2 Compreendendo a Organização

A empresa estudada é uma indústria do ramo têxtil situada no estado do Ceará, sua atividade é a industrialização e comercialização de fios têxteis (fio do algodão convencional e com elastano). Consiste no processo de transformação de matéria - prima em fio de algodão passando por etapas como: limpeza, paralelização das fibras, estiragem, torção e uniformização.

2.5.3 Setor Conicaleira - Setor investigado no estudo de casos

O presente trabalho trata do alto índice de absenteísmo e adoecimento no setor conicaleira de um ramo têxtil, o referido índice constantemente acarretava na transferência de funcionários de outros setores com intuito de tentar suprir a ausência de mão-de-obra ou sobrecarga para os funcionários presentes no setor em questão.

O Setor Conicaleira (conhecido também como acabamento) tem como finalidade retirar os pontos defeituosos, irregularidades do fio como os pontos grossos e finos, parafiná-lo quando necessário, bobiná-lo e formar embalagem adequada para transporte, pois o processo de fiação anel produz o fio em espula. Sendo necessário então mudar a embalagem para uma bobina, devido a este fato, as conicaleiras serem conhecidas também como bobinadeira. O processo consiste da transmissão do fio da espula para um cone de papelão resistente.

O fio também passa por um sensor que detecta defeitos, onde automaticamente corta o fio, remove o defeito e o emenda através do jato de ar. Quando o cone atinge o tamanho programado a máquina realiza automaticamente sua troca por um vazio. Os cones cheios vão sendo depositados em uma esteira na parte posterior da máquina. Quando necessário o operador aciona a esteira, retira os cones e os coloca em paletes, formando camadas, cada palete recebe 108 boninas.

Com intuito de indicar os problemas que geram a problemática, algum tipo de intervenção deve ser feito, pois o setor de conicaleira possui maior número de doenças e afastamentos, com trabalhadores que reclamam de dores, principalmente nos períodos em que ao ritmo de produção aumenta devido a demanda de mercado.

No processo produtivo, o operador adota táticas regulatórias e amplia novas aptidões que permitem diminuir os efeitos dos fatores de risco sobre sua saúde. A regulação acontece para administrar as perturbações do processo ou para gerar um relaxamento dos músculos, através da suspensão da tarefa, diminuição do ritmo de trabalho ou procurando ajuda de outro funcionário.

Segundo Daniellou (1992), a carga de trabalho é o estado de abertura do leque de modos operatórios. O efeito da carga de trabalho sobre o operador poderá levar, ou não, ao adoecimento.

Quando o operador não consegue administrar as perturbações do processo ou adotar táticas de adaptação, as suas estruturas musculoesqueléticas serão gravemente comprometidas. Essas alterações podem mostrar-se inicialmente com quadro indicativo de dor que ocorrem no período da jornada de trabalho, desaparecendo com o descanso e reconquistando a capacidade para o trabalho. Com o passar do tempo, o quadro pode evoluir e atingir estágios clínicos que são conflitantes com o desempenho das tarefas; isso provoca o absenteísmo no trabalho (FERNANDES, ASSUNÇÃO E CARVALHO, 2007).

Conforme Cruz (2001), as atuais modificações no mundo do trabalho e os impactos da reestruturação produtiva indicam ter aumentado as dimensões das decorrências sobre a saúde dos trabalhadores, expandindo e tornando mais complicada a avaliação dos sintomas de dor, desconforto físico, e psicológico. Inúmeras são as tarefas realizadas pelos homens e delineadas na literatura que são predispostas a desenvolver distúrbios músculo-esqueléticos e/ou Doenças Ocupacionais Relacionadas ao Trabalho (DORT).

Antes de discorrer especificamente sobre os possíveis riscos geradores de adoecimentos e absenteísmo no setor estudado é necessário trafegar no tempo e estudar para compreender as diferentes abordagens e instrumentos que permitam identificar a problemática.

Portanto, após leituras, análises e interpretações de diferentes livros e artigos, optamos por obras que, no nosso ponto de vista, estão direcionados para nossa proposta de estudo.

3 METODOLOGIA

A pesquisa destina-se a identificar e analisar através de um estudo de caso no setor de conicaleira de uma indústria têxtil, fatores de riscos que possam estar acarretando danos à integridade dos funcionários e em consequência diminuindo a produtividade. Assim sendo, apresentou-se os princípios metodológicos norteadores da pesquisa, bem como os procedimentos que são empregados para obtenção dos dados indispensáveis para esclarecimento do objeto de estudo. A seguir são descritos o tipo de pesquisa, universo pesquisado, sujeitos, procedimentos metodológicos: as ferramentas, técnicas de coleta de dados e formas de registro.

3.1 TIPO DE PESQUISA

O desenvolvimento investigativo desta pesquisa tem como referencial teórico-metodológico os princípios da pesquisa qualitativa, buscando um suporte teórico na abordagem do assunto e tratado elementos importantes na compreensão do fenômeno. O referencial teórico constituído a partir das categorias referidas nos proporcionará o encontro com os saberes e pensamentos teóricos acumulados até então acerca da problemática possíveis riscos que esteja gerando aumento no número de absenteísmo e adoecimentos relacionados ao trabalho.

Nessa perspectiva, o referido trabalho alude a uma pesquisa exploratória, pois busca entender um fenômeno específico em sua profundidade, trabalha com descrições, comparações e interpretações.

Portanto, no desdobramento dessa pesquisa, desenvolvemos um trabalho de campo que consta de questionário entregue aos funcionários do setor de conicaleira que estão expostos diretamente aos riscos e se enquadram entre os que elevam o índice de absenteísmo. No intuito de observar as condições de trabalho e se as operações são desempenhadas conforme as instruções de trabalho pré definidas pela organização.

Vale enfatizar, que utilizamos métodos qualitativos e quantitativos para coletar os dados: observação simples e preenchimento de questionário individuais. Posteriormente, os dados coletados foram analisados de acordo com os objetivos previstos por esse trabalho, confrontados e complementados com as análises e reflexões críticas feitas a partir da literatura lida.

3.2 UNIVERSO PESQUISADO

A pesquisa contempla alguns sujeitos prioritários, os operadores de conicaleira que trabalham turno A, no horário de 5:20h às 13:40h, sendo um total de 21 operadores. Assim sendo, essa investigação foi realizada em uma indústria têxtil, especificamente no setor de conicaleira, como também foram envolvidos outros setores para coleta de dados. Primeiramente, realizamos o contato com os sujeitos e supervisores do setor, nesse momento foram apresentados os objetivos da pesquisa e sua metodologia, como também, coletado informações e autorização para desenvolver essa investigação com os mesmos.

3.3 SUJEITOS

Os sujeitos prioritários desta investigação são os funcionários que trabalham no setor de conicaleira, especificamente na função de operador (a) de conicaleira. Acredita-se que a caracterização do perfil dos sujeitos envolvidos na investigação é um elemento de relevância no processo investigativo, uma vez que suas falas e posturas diante dos assuntos tratados, como também o estudo das condições ambientais e desenvolvimento do trabalho realizados pelos mesmos será de fundamental importância para atingir o objetivo do trabalho.

Além dos sujeitos prioritários investigados nesta pesquisa, outros sujeitos pertencentes à organização foram envolvidos na investigação, de acordo com o processo investigativo de coleta de dados.

As técnicas de coleta de dados escolhidas foram às seguintes: levantamento bibliográfico, observação simples ou indireta, Análise Ergonômica do Trabalho auxiliado por questionário Nórdico junto aos trabalhadores e aplicações da ferramenta ergonômica OWAS para análise ergonômica do posto de trabalho operador (a) de conicaleira.

Para investigar e compreender a relação entre os riscos ambientais e as doenças ocupacionais no setor de conicaleira, investigou-se as condições de trabalho e os prováveis motivos que estão gerando o aumento no índice de absenteísmo no setor estudado, como também buscamos coletar dados significativos para esclarecer a problemática.

Assim sendo, os sujeitos foram observados e realizando gravações no momento da execução da tarefa e registro fotográfico do ambiente de trabalho, com o objetivo de registrar o processo de trabalho executado pelos mesmos. No processo dialógico, foram entregues aos sujeitos questionário ergonômico, com intuito que fosse observada suas manifestações e seus pontos de vista sobre o assunto abordado na investigação.

Desse modo, a observação foi realizada com a inserção no espaço de trabalho, ou seja, no setor de conicaleira, levando em consideração a tarefa a ser executada na atividade operador (a) de conicaleira, os riscos inerentes a função que foram observados no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), os índices de absenteísmo referente a ausências por doenças ligadas a profissão e coleta de dados dos questionários, sendo que as visitas foram feitas quatro vezes

por semana durante um período de um mês e meio, também levamos em consideração as conversas informais e formais com supervisores do setor.

Destacou-se para o registro desses encontros fotos, vídeos e os questionários. As visitas fluíram com êxito, pois não existiu resistência de diálogo por parte dos funcionários acerca da temática.

Ao lado da observação, no processo investigativo, utilizou-se métodos para auxiliar a Análise Ergômica do Trabalho, instrumento que permitisse identificar a problemática junto aos funcionários, conforme apresentado no referencial teórico, em que Santos et al., (2015) disponibiliza um modelo de questionário Nórdico para a mensuração dos sintomas osteomusculares e lida, (2005) apresenta a aplicação da ferramenta OWAS para estudar e avaliar a postura do homem durante seu período de trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui são apresentadas, as análises dos riscos através do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e do indicador de absenteísmo do setor estudado, respostas do questionário, a AET e aplicação da ferramenta OWAS, bem como as observações do pesquisador.

Assim sendo, o conhecimento das informações coletadas, são aqui discutidos, com a apresentação de dados, análise dos questionários dos pesquisados e documentos legais.

4.1 ANÁLISES DOS INDICADORES DE ABSENTEÍSMO E PPRA (PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS)

As análises e reflexões elaboradas neste tópico estão amparadas nos documentos da empresa estudada. Logo abaixo, apresenta-se a tabela 1 referente a porcentagem dos dados de absenteísmo relacionado à ausência por doença ocupacional, com CID (Código Internacional de Doença) relacionado a LER/DORT (Doenças Osteomulares Relacionadas ao Trabalho) no setor estudado.

Tabela 1 – Absenteísmo - porcentagem por atestado médico

ABESETEISMO MES DE FEVEREIRO 2020	
SETOR CONICALEIRA	
FUNÇÃO	MOTIVO
OPERADOR DE CONICALEIRA	75% DAS AUSENCIAS – ATESTADO MEDICO COM CID RELACIONADA A LER/DORT
LIMPADOR DE CONICALEIRA	10% DAS AUSENCIAS – ATESTADO MEDICO COM CID RELACIONADA A LER/DORT
VARREDOR(A)	0% DAS AUSENCIAS – ATESTADO MEDICO COM CID RELACIONADA A LER/DORT
TRANSPORTADOR DE CONES	0% DAS AUSENCIAS – ATESTADO MEDICO COM CID RELACIONADA A LER/DORT

Autor: Próprio Autor

Na Tabela 1, verificou-se que dos 100% de atestados médicos no setor de conicaleira no mês de fevereiro, 85% são com CID de LER/DORT e que 75% são de funcionários com função de operadores de conicaleira .

Posteriormente analisou – se quanto aos riscos que os funcionários nessa função ficam expostos de acordo com dados do PPRA, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Dados PPRA

RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO	
SETOR: CONICALEIRA	FUNÇÃO: OPERADOR (A) CONICALEIRA
AGENTES AMBIENTAIS CONFORME PPRA	
RISCOS FÍSICOS: 01.01.021 Ruído contínuo ou intermitente;	
RISCOS QUÍMICOS: 02.01.085 Algodão, bruto, sem tratamento, poeira.	
RISCOS ERGÔNICOS: 04.01.003 Postura de pé por longos períodos; 04.01.006 Levantamento e transporte manual de cargas ou volumes; 04.01.008 frequente execução de movimentos repetitivos;	
RISCOS DE ACIDENTES (MECÂNICOS): 05.01.006 Incêndio e explosão (probabilidade); 05.01.015 Cortes.	
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO RISCOS	
Nível equivalente de ruído	Nível equivalente de ruído – limite
88,0 dB(A)	85,0 dB(A) exposição 8h
Temperatura IBUTG	IBUTG MAX
26,7 °	26,7°
Poeira de Algodão Resultado	Poeira de Algodão – Limite
0,08 mg/ m ³	0,2 mg/ m ³
Iluminação	
250 LUX	
Equipamentos de Proteção existente – EPI e EPC	
Protetor Auricular de Inserção – 16 Db	

Respiradr PFF1 Sapato de segurança Central de ar condicionado com sistema de coleta de pó
Conclusão
Ruído: Temos NEN = $88,0 - 16 = 72,0 \text{ dB(A)} < 85,0 \text{ dB(A)}$. O IBUTG encontra-se dentro do Limite de Tolerância da NR-15. A poeira de algodão está abaixo do limite de tolerância e utiliza equipamento de proteção adequado PFF1, cujo fator de proteção são 10 vezes o limite de tolerância ($0,2 \text{ mg/m}^3 \times 10 = 2,0 \text{ mg/m}^3$).
CARACTERIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO: Habitual e permanente ao ruído, calor e poeira de algodão; Trabalho em pé com movimentação de braços, mãos e pernas.

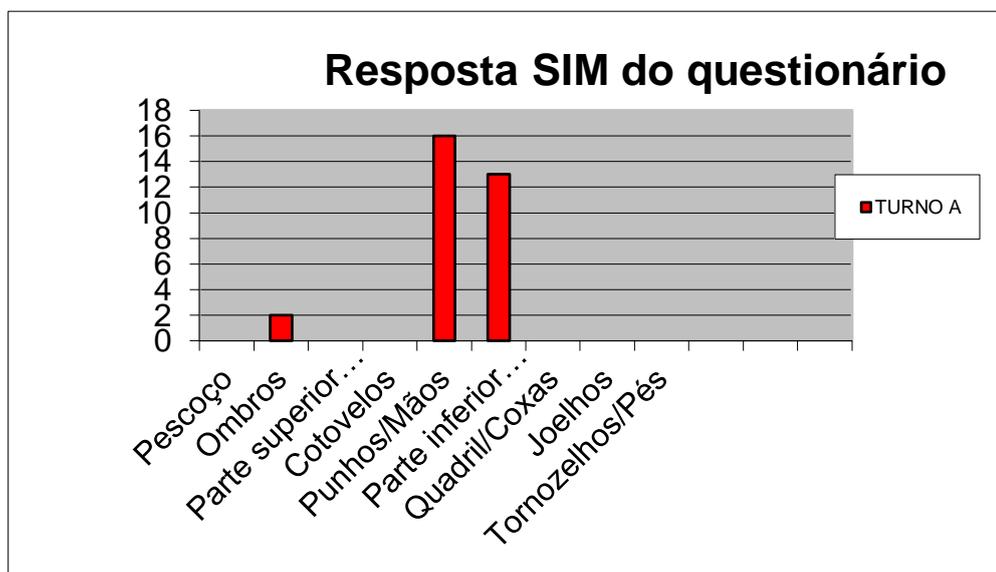
Fonte: Próprio autor

Na Tabela 02 é possível verificar os agentes ambientais e avaliações das exposições dos operadores de conicaleira. Após observação, percebeu-se que as medidas adotadas pela empresa referente aos agentes: ruído, poeira de algodão e calor, tornou-se a exposição abaixo dos limites de tolerância, conforme NR-15 (Norma Regulamentadora – Insalubridade). Quanto ao risco ergonômico constatou-se não existir medidas para evitar algum transtorno físico ou mental ao colaborador.

4.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO E OBSERVAÇÕES

Após aplicação do questionário nórdico com os 21 operadores de conicaleira, chegou-se aos resultados que seguem apresentados nos gráficos.

Gráfico 1 - Levantamento de dor/dormência/formigamento - nos últimos 12 meses

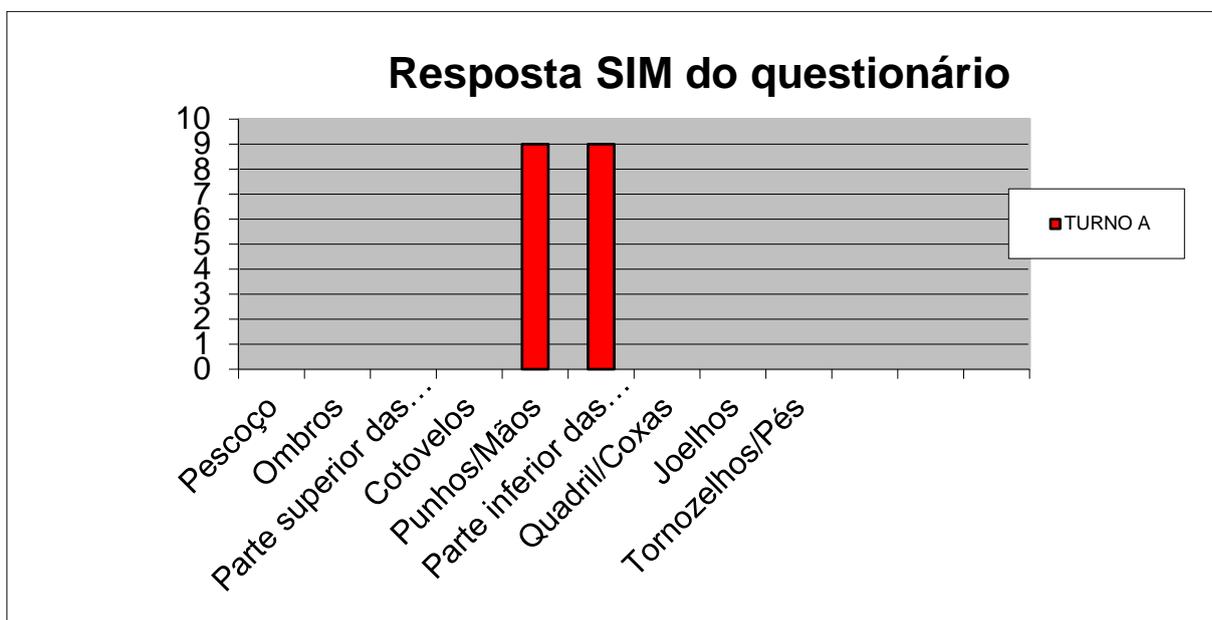


Fonte: Próprio autor

No Gráfico 1, observou-se que dos 21 pesquisados, 16 funcionários responderam SIM quanto a dor, formigamento e dormência. Sendo que alguns se posicionaram não apenas em um local o problema.

O Gráfico 2 apresenta a análise entre os investigados, 9 ficaram impedidos de realizar algumas tarefas consideradas normais nos últimos 12 meses.

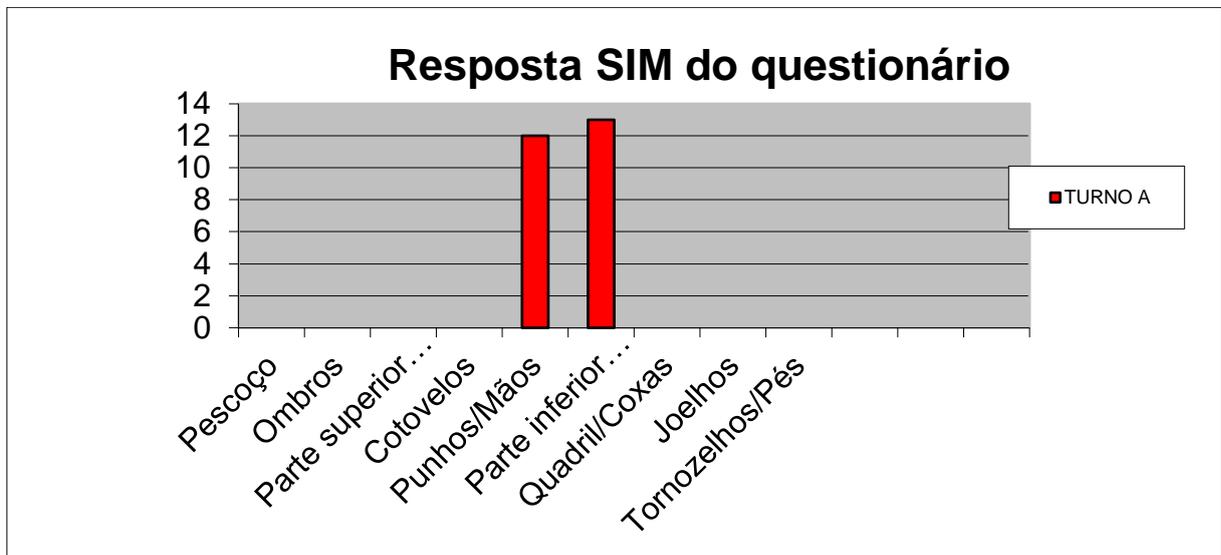
Gráfico 2. Levantamento de impedimento de realizar as tarefas normais (trabalho, atividades domésticas, lazer) por causa desse problema - nos últimos 12 meses



Fonte: Próprio autor

No gráfico 3, notou-se que dos 13 que afirmaram sentir dor, formigamento, dormência nos punhos, mãos e na lombar procuram profissionais da área da saúde para consultas sobre a queixa apresentada.

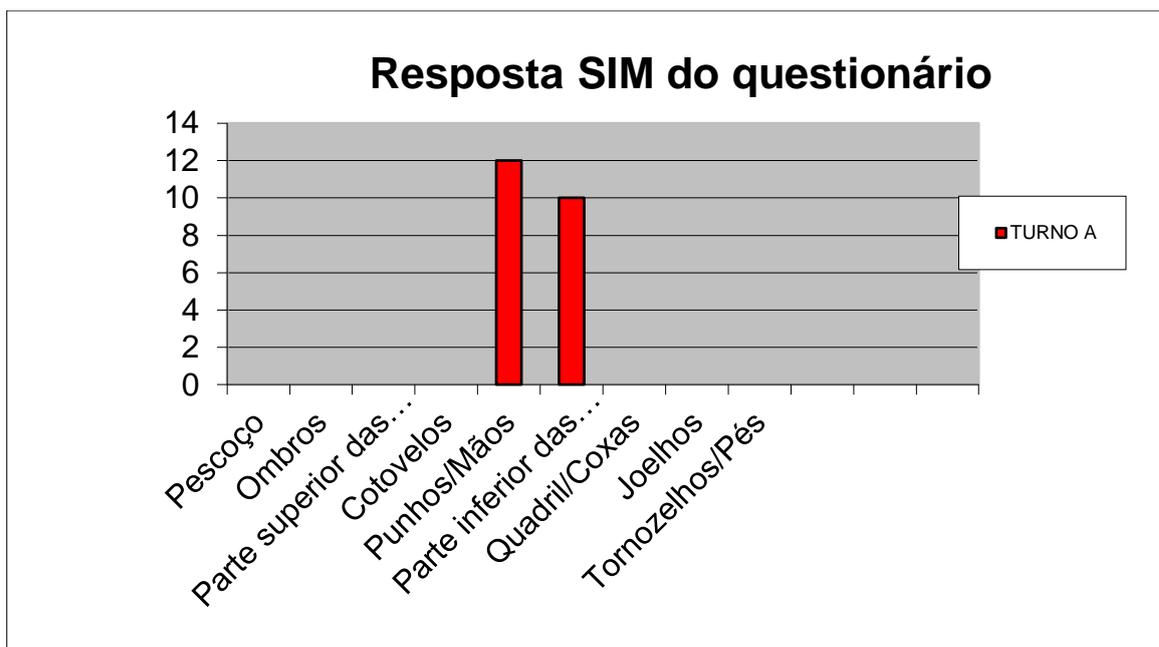
Gráfico 3 - Levantamento de Consultas com profissional da saúde por causa da condição - nos últimos 12 meses



Fonte: Próprio autor

Finalizou-se os questionamento do questionário com a pergunta se nos últimos sete dias esses funcionários sentiram algum problema ou queixa? Através do gráfico 4 mostrou – se que existe funcionários que se queixam com problemas nos punhos, mãos e lombar.

Gráfico 4 - Levantamento de algum problema - nos últimos 7 dias



Fonte: Próprio autor

Notou-se pelo pesquisador com a aplicação do questionário que as regiões anatômicas de mão, punhos e lombar são mais atingidos na função de operador de conicaleira, apresentam críticas de desconforto, dor e diminuição no ritmo de trabalho ou ausência devido a LER/DORT, nos últimos doze meses como nos últimos sete.

4.3 DIAGNÓSTICO AET E FERRAMENTA OWAS

Primeiramente investigou-se o posto de trabalho da função operador (a) de conicaleira e analisou-se a tarefa no momento de levantar a caixa de espulas para o carro de alimentação, conforme apresentada na figura 5.

Figura 5. Levantamento de caixa de espulas para o carro de alimentação



Fonte: Próprio autor

Posteriormente realizou-se análise da postura no momento do levantamento das caixas, através da aplicação do Método OWAS, que se resultou nas classificações dos riscos apresentadas na tabela 3 que segue.

Tabela 3 - Codificação OWAS para postura levantamento de caixa de espulas para o carro de alimentação

Codificação OWAS			
Costas	Braços	Pernas	Força
4	1	1	3

Fonte: Próprio autor

Conforme AET, realizada através das observações do posto de trabalho, como demonstrado na figura 5, o posto de trabalho não está adequado. A falta de um suporte para as caixas que ficam sobre o piso, exige que funcionário trabalhe tendo que curva-se para pega – las e muitos deles por não realizar o levantamento da caixa de forma adequada acaba forçando a lombar. Quanto ao peso da carga observou-se que apesar de estar abaixo do limite determinado em lei, 21 kg. Essa atividade de forma repetitiva pode causar dores e desconforto na região das costas e lombar.

Por seguinte, figura 6 demonstra a atuação e os esforços ergonômicos realizados na atividade de alimentação do magazine com espulas.

Figura 6. Alimentação do magazine com espulas



Fonte: Próprio autor

Observou-se que na execução da atividade exige que o funcionário fique na posição em pé por longos períodos, execute o movimento de empurrar o carrinho com uma das pernas constantemente e realize movimentos repetitivos com braços,

punho e mãos ao colocar as espulas no magazine. Percebeu-se que a máquina tem velocidade de 1600 rpm, exigindo muita agilidade e repetitividade do funcionário.

O desempenho desta atividade é classificado como habitual e permanente.

Através da aplicação do Método OWAS, obteve-se o resultado da Tabela 4.

Tabela 4 – Codificação OWAS alimentação do magazine com espulas

Codificação OWAS			
Costas	Braços	Pernas	Força
3	1	6	1

Fonte: Própria Autora

A partir dos códigos originados na aplicação do método OWAS realizou-se a classificação geral, com intuito de identificar os níveis de ações recomendadas e grau de urgência a serem adotados para cada atividade. Quanto a primeira atividade notou-se que a classificação enquadrou-se na categoria 03, postura requer a adoção de medidas corretivas assim que possível; Já a interpretação da segunda atividade classificou-se na categoria 01, postura normal, não é necessária a adoção de medidas corretivas quanto a postura.

Finalmente analisou-se toda a atividade do funcionário, constatou-se que são necessários alguns ajustes no posto de trabalho do funcionário e medidas de controle quanto aos movimentos repetitivos para que o funcionário possa desenvolver suas atividades das melhores formas possíveis.

Através dos resultados obtidos na pesquisa, constatou-se que o posto de trabalho necessita de alguns ajustes e deve ser adotadas medidas de controle quanto aos movimentos repetitivos para que os funcionários possam desenvolver suas atividades das melhores formas possíveis. Assim como, a diminuição da velocidade das máquinas evitará muitos movimentos em curto período de tempo.

O resultado positivo do trabalho depende da relação equilibrada, entre o funcionário, sua tarefa, ferramentas e um local de trabalho adequado. Através do estudo observou-se que as crescentes ausências de operadores de conicaleira no trabalho, estar diretamente ligadas ao quadro de sintomas de dor, recorrente devido as condições de trabalho que os mesmos estão expostos. Ocasionando diminuição na produtividade, desmotivação e insatisfação dos funcionários.

Com a análise ergonômica realizada, constatou-se a descrição das atividades executadas pelo funcionário detalhadamente e com aplicação das ferramentas ergonômica, OWAS e questionário nórdico junto aos operadores foi viável examinar e classificar as posturas individualmente, assim categorizar essas atividades em relação a risco oferecido, possibilitando a adoção de medidas corretivas na realização das tarefas e a modificação no local de trabalho, em busca da adaptação do trabalho ao homem.

Notou-se após aplicação da ferramenta OWAS, que na atividade de levantar a caixa de espulas para o carro de alimentação, a postura requer a adoção de medidas corretivas assim que possível, visto que se enquadrou na categoria 03 e na tarefa de alimentação do magazine com espulas classificou-se na categoria 01, postura normal, não é necessária a adoção de medidas corretivas quanto à postura.

Nas análises de observações diárias, percebeu-se que os funcionários se submetem a tarefas repetitivas com braços, punho e mãos, ao colocar as espulas no magazine e a esforços constantes diariamente, como permanência na posição em pé por longos períodos, movimento de empurrar o carrinho com uma das pernas.

Verificou-se ainda, que ao erguer as caixas de espulas para os carrinhos, devido à falta de um suporte para essas, o funcionário trabalhe tendo que curva-se para pega - lás e muitos deles por não realizar o levantamento de forma adequada acaba forçando a lombar. A operação laboral é classificada como habitual e permanente e a velocidade do maquinário exige muita agilidade e repetitividade do funcionário.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa, certificou-se que a avaliação ergonômica com o auxílio de ferramentas, mostrou-se bastante satisfatória no que se refere à identificação e minimização de prejuízos presentes no ambiente organizacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, que o estudo de ergonomia e aplicação das ferramentas é um fator determinante para o bem estar do trabalhador, visto que, além de concretizar o risco é amplamente favorável para a melhoria do rendimento do funcionário, aumentando sua eficiência e produtividade, ao propor melhorias no ambiente para

diminuir número de afastamentos, agregando o devido valor e disponibilidade da mão de obra para produzir o esperado.

A partir deste estudo e resultados estima-se que a organização, após discussão do assunto, compreenda que ao investir em medidas de controle ergonômicas efetivas, estará prevenindo e diminuindo problemas relacionados à saúde dos funcionários, gerando maior satisfação, conforto e segurança aos envolvidos no processo. Que preservando a integridade do funcionário terá aumento de produtividade da mão de obra e garantia de qualidade de vida no trabalho.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L.G. de; LIMONGI-FRANÇA, A.C. **Estratégias de recursos humanos e gestão da qualidade de vida no trabalho: stress e a expansão do conceito de qualidade total**. Revista de Administração, São Paulo, v. 33, n.2.p. 40-51, abr/jun.1998.

ARAGÃO, E. F. (coord.). **O Fiar e o Tecer: 120 anos da indústria têxtil no Ceará**. Fortaleza: SINDITÊXTIL/FIEC, 2002. Disponível em <<http://www.sfiiec.org.br/portaltv2/images/SindTextil/PDF/OFiarEOTecer.pdf>>. Acesso em 22 out. 2019.

ASSUNÇÃO, A. A.; ALMEIDA, I. M. **Doenças Osteomusculares relacionadas com o trabalho: membro superior e pescoço**. 2003. p. 1501-1540. In: MENDES, R. (Org.). Patologia do Trabalho. (2 ed. revisada e atualizada). São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

BRASIL. Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978. NR - 5. Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. In: **SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO**. 29. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 489 p. (Manuais de legislação, 16).

BRASIL. Portaria nº 3.214 de 08 de junho de. NR - 9. Riscos Ambientais. In: **SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO**. 29. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 489 p. (Manuais de legislação, 16).

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração, São Paulo, Editora Campus, 2000.

CRUZ, R. M. **Psicodiagnóstico de síndromes dolorosas crônicas relacionadas ao trabalho. Tese de Doutorado**. Florianópolis, 2001. (p.29-211).

CRUZ, Vinicius C. et al. **Aplicação do método owas e análise ergonômica do trabalho em um segmento de uma empresa de grande porte situada no município de campos dos Goytacazes**. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35. Fortaleza, 2015.

COUTO, H. A. **Como gerenciar a questão das LER/DORT: lesões por esforços repetitivos/ distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.** Belo Horizonte: Ergo, 1998.

DANIELLOU, F. **Le Statut de la Pratique et des Connaissances dans l'Intervention Ergonomique de Conception.** Thèse d'Habilitation en Ergonomie, Université Le Mirail, Toulouse, 1992.

FERNANDES, R. C. P.; ASSUNÇÃO, A. A.; CARVALHO, F. M. **Tarefas repetitivas sob pressão temporal: os distúrbios músculo-esqueléticos e o trabalho industrial.** Ciência e Saúde Coletiva, v. 12, 2007.

GONTIJO, L. A. , SOUZA, R. J. de , **Anais do 2º Congresso Latino Americano e Sexto Seminário Brasileiro.** Florianópolis: Finep, 1993.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blucher, 1990.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: 2ª ed. Ed.Edgard Blücher, 2005.

KARHU, O.; KANSI, P.; KUORINKA, I. **Correcting working postures in industry: a practical method for analysis.** Applied Ergonomics, V.8, n.4, p. 199-201, 1977.

KUORINKA, I. et al. **Standardized Nordic Questionnaires for the Analyses of Musculoskeletal Symptoms.** Applied Ergonomics, v.18. p. 233-700, 1987.

MAAS, Larissa. **Gerência de Riscos.** Indaial: Grupo Uniasselvi, 2013.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente.** Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2011.

NR-17-Ergonomia. **In: Segurança e medicina do trabalho.** 54. ed. São Paulo: Atlas, p. 229-252, 2004.

OIT - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Um instrumento para uma melhoria contínua.** Ciência Gráfica. Tradução: WWF - World Wide Funds. Revisão técnica: Luís Rodrigues. Tradução em língua portuguesa: ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho. Primeira edição, 2011. Disponível em: <
http://www.dnpst.eu/uploads/relatorios/relatorio_oit_2011_miolo.pdf> Acessado em 12 nov. 2019.

PACHECO JÚNIOR, Waldemar et al. **Gestão da segurança e higiene do trabalho: contexto estratégico, análise ambiental, controle e avaliação das estratégias.** São Paulo: Atlas, 2000.

SANTANA, A. M. C. **A abordagem ergonômica como proposta para melhoria do trabalho e produtividade em serviços de alimentação.** Florianópolis: Mestrado – Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção/ UFSC, 1996.

SANTOS, Viviana Maura dos; SANTOS, José Wendel dos; ALSINA, Odelsia Leonor Sanchez de; MONTEIRO, Luciano Fernandes. **Aplicação do questionário nórdico**

muscoesqueletico para estimar a prevalência de distúrbio osteomusculares relacionados ao trabalho em operárias sob pressão temporal. In: ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, 2015, Fortaleza- CE.

SATO, Leny. **Saúde e controle no trabalho: feições de um antigo problema.** In: **JACQUES, Maria da Graça; CODO, Wanderley (Orgs.).** Saúde mental e trabalho: leituras. Petrópolis: Vozes, 2003. p. 31-49.

VIEIRA, S, I. **Manual de saúde do trabalho.** Vol.2, Editora Mestra: Florianópolis, 2000. p.137-161, 254.

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA TERMOGRAFIA APLICADOS À MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Juliano Coelho Da Silva
Túlio Ítalo da Silva Oliveira
Danielle Kely Saraiva de Lima
Jefferson Pereira Ribeiro
José Márcio Feitosa Monteiro

RESUMO:

No presente trabalho foram abordados os princípios que norteiam a manutenção preditiva, parte indispensável na manutenção que, por sua vez se divide em preditiva, preventiva a corretiva. Prescreveram-se os tipos de manutenções, suas diferenças, com foco na modalidade de preditiva. Foram analisadas as principais técnicas utilizadas por indústrias mundiais, como análise de óleo mineral isolante, ultrassom, radiografia, análise de gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre), com destaque na termografia, experimentos, suas vantagens e execuções baseadas nas leis da termodinâmica, as análises de falhas reais e experimentos laboratoriais também foram feitos visando a redução de custos com manutenção corretiva e com paradas não programadas que afetam a produção, eleva a produtividade, qualidade e redução dos custos. Esta pesquisa objetivou evidenciar o ganho em produtividade, qualidade e garantia do fornecimento de serviço, assim reduzindo custos com paradas não programadas, paradas essas que elevam os custos gerais de bens e serviços, reduzindo o poder de competitividade, em um mercado cada vez mais globalizado e acirrado. Tal técnica se comprava mais como um investimento em curto, médio e longo prazo do que custo, já que evitam perdas com paradas em momentos de picos de produção, tendo a preditiva uma importância fundamental para a continuidade da produção sem o impacto de paradas não programadas. A metodologia utilizada no estudo foi o método qualitativo com o auxílio de livros, artigos e trabalhos de conclusão de curso, onde foi explanado os aspectos qualitativos por meio de uma revisão da literatura de caráter exploratório, na busca de demonstração apoiado em um referencial teórico conceitual, servindo de base para as práticas utilizando também o método quantitativo em diversas experiências, onde se comprovam teorias e fundamentações esplanadas no método qualitativo, complementando algumas destas teorias e informações relatadas.

Palavras-chaves: Termografia; Manutenções preditivas; Redução de custos.

ABSTRACT:

In this work, the principles that guide predictive maintenance were addressed, an indispensable part of maintenance that, in turn, divides into predictive, preventing a correction. The types of maintenance, their differences, with a focus on the form of awards were prescribed. The main techniques used by world industries were

analyzed, such as analysis of isolated mineral oil, ultrasound, radiography, SF6 gas analysis (sulfur hexafluoride), with emphasis on thermography, experiments, their advantages and executions, in terms of thermodynamics, as analyzes of real failures and laboratory experiments were also used to reduce costs with corrective maintenance and with unscheduled interruptions that affect production, increase recovery, quality and cost reduction. This research aimed to demonstrate the gain in reproduction, the quality and the guarantee of the service, the costs with unscheduled interruptions, the interruptions that raise the general costs of goods and services, the use of the power of promotion, the market increasingly globalized and fierce. This technique includes more as an investment in the short, medium and long term for the cost, since it avoids losses with moments of peak production, having a fundamental importance for the investigation of the production without the impact of unscheduled interruptions. The methodology used in the study was the qualitative method with the aid of books, articles and course conclusion papers, where the qualitative aspects were explained through an exploratory literature review, in the search for demonstration supported by a conceptual theoretical framework, serving as a basis for practices that also use the quantitative method in several experiments, where proven theories and foundations planned in the qualitative method, complementing some of these theories and related information.

Keywords: Thermography; Predictive maintenance; Cost reduction.

1 INTRODUÇÃO

A termografia vem como uma das principais técnicas de manutenções preditivas, na qual pode-se identificar pontos de falhas no início do problema, como em conexões elétricas apresentando uma resistência alta a passagem de corrente elétrica, na qual a termografia pode identificar previamente e em uma parada programada corrigir o problema com um simples reaperto.

Com a automação cada vez maior das indústrias, há uma necessidade crescente de eficiência nas linhas de produção, e traz a necessidade de uma confiabilidade maior, o que evidencia a necessidade da aplicação da termografia na busca por uma redução e paradas não programadas.

Numa indústria cada vez mais competitiva a parada de máquinas em um período não programado, impacta negativamente em custos não programados e em não atendimentos a pedidos de clientes, isso em um ambiente com alta concorrência pode definir o futuro de uma organização, como a redução a índices aceitáveis a preditiva vem como um grande aliado na redução de paradas não programadas. Em suma, a aplicação dos diversos ganhos que a produção pode ter com a aplicação de

técnicas preditivas na manutenção elétrica em geral, como uma termografia executada de uma maneira correta, pode descobrir uma falha em estágio inicial. Diante disso, o objetivo geral do presente estudo foi analisar a aplicação de técnicas preditivas na manutenção elétrica em geral, demonstrando os princípios da manutenção preditivas dando o foco na termografia como principal aliado para a manutenção em sistemas elétricos, evidenciando o ganho em produtividade, qualidade, garantia de fornecimento do serviço.

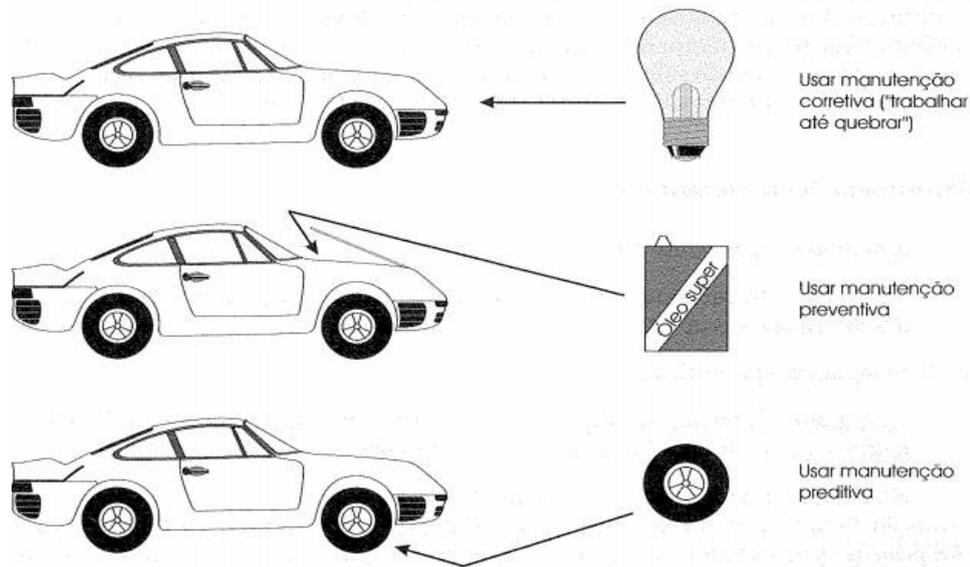
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A manutenção pode ser compreendida como todos os atos necessários para manter em funcionamento um equipamento e/ou retorná-lo ao funcionamento após uma parada programada ou não. Segundo Xenon (2014), Formalmente a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Ele menciona que a manutenção dividir-se em preventiva, preditiva e corretiva, sendo a preventiva a principal delas, onde durante a parada de equipamentos são executados uma série de testes para garantir o seu funcionamento, somente após a conclusão o equipamento retorna as operações. Já a preditiva é executada com o equipamento em funcionamento com o intuito de identificar falhas eminentes antes que ocorram, ocasionando uma parada não esperada, necessitando nesse caso uma manutenção corretiva, em que se executa uma série de atividades para o retorno do equipamento, o que acaba sendo o que provoca um maior prejuízo, por não ser programada.

De acordo com Slack (2012), a manutenção pode ser melhor compreendida observando os exemplos da Figura 1 onde, a manutenção corretiva e exemplificada na troca de uma lâmpada de um carro, neste caso não compensa uma manutenção preventiva ou preditiva. No caso da manutenção preventiva tem-se a troca de óleo do veículo, onde a substituição possui um período ou quantidade de quilômetros rodados definido para a troca, e a não realização pode provocar danos ao motor, ocasionando um prejuízo muito maior. Na manutenção preditiva pode-se destacar a aplicação aos pneus, que através da observação e ou medição dos sucos

(profundidade do pneu) pode ter indícios que o mesmo deve ser trocado ou não antes do prazo limite exposto pelo fabricante.

Figura 1: Relação entre manutenção preditiva preventiva, e corretiva.



Fonte: Slack, 2002.

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado (RESENDE, 2008).

A Total Productive Maintenance, TPM, ou Manutenção Produtiva Total, tem como objetivo envolver a empresa como toda, a contribuir diretamente para o aumento dos índices de disponibilidade, eficiência e qualidade de toda a instalação industrial, (máquinas e equipamentos), e a própria produção, a TPM visa a busca pela quebra zero e assim uma melhor eficiência e rendimento, a TPM fundamenta-se em 8 pilares essenciais na busca por resultados positivos, São eles (ALAN KARDEC e JÚLIO FONSECA, 2009): Manutenção autônoma; Manutenção planejada; Melhorias específicas; Educação e treinamento; Manutenção da qualidade; Controle inicial; TPM administrativo; Segurança, saúde e meio ambiente.

Conforme o conceito apresentado sobre manutenções preditivas, pode-se entender como toda atividade que é executada sem interferir em seu funcionamento. O que difere da preventiva, que precisa da parada do equipamento para executar testes, no intuito de saber o estado do equipamento, com isso pode-se destacar

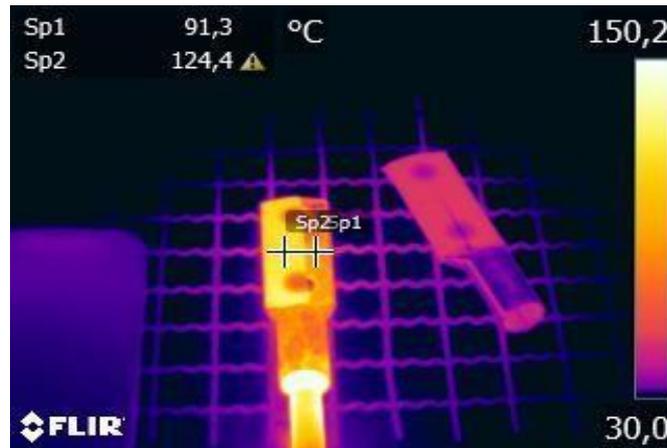
como principais preditivas a termografia, ultrassom e a análise de óleo isolante ou lubrificante.

A termografia é uma técnica que permite o acompanhamento das temperaturas dos equipamentos utilizados na produção de bens e serviços, sem a necessidade da parada destes, a partir da formação de imagens térmicas também conhecidas como termogramas, na Figura 2 pode-se visualizar um exemplo de um termograma de um terminal elétrico. A partir de imagens como estas é possível identificar problemas, como um indício ou condição anormal de funcionamento, permitindo assim, realizar uma intervenção programada para realização da correção destes problemas, reduzindo perdas de produção e custos com a manutenção corretiva.

A temperatura passa a ter uma importância fundamental para as preditivas, ainda que a temperatura seja uma propriedade bastante familiar, encontrar uma definição exata não é fácil. O senso comum nos remete à noção de “temperatura” pela sensação de calor ou frio quando tocamos um objeto. Logo cedo, aprendemos que ao colocarmos um corpo quente em contato com um corpo frio, o corpo quente se resfria e o corpo frio se aquece. Se esses corpos permanecem em contato por um determinado tempo, eles entram em equilíbrio. Contudo, deve-se ter em mente que corpos com a mesma temperatura podem parecer ter temperaturas distintas, dependendo do material (VIANA, 1999).

Isto acontece porque a temperatura é uma propriedade de matéria que está relacionada com o movimento dos átomos de uma substância. Normalmente estes átomos possuem uma determinada energia cinética que se traduz nas formas de vibrações ou deslocamento para os líquidos e gases. Quanto mais rápido o movimento das moléculas, mais quente se encontra o corpo, e, quanto mais lento o movimento, mais frio se apresenta o corpo. Esta condição pode ser descrita como um potencial térmico ou como uma energia efetiva da substância (energia cinética). Baseado nisto podemos conceituar a temperatura como sendo: “A propriedade da matéria que reflete a média de energia cinética de um corpo” (VIANA, 1999).

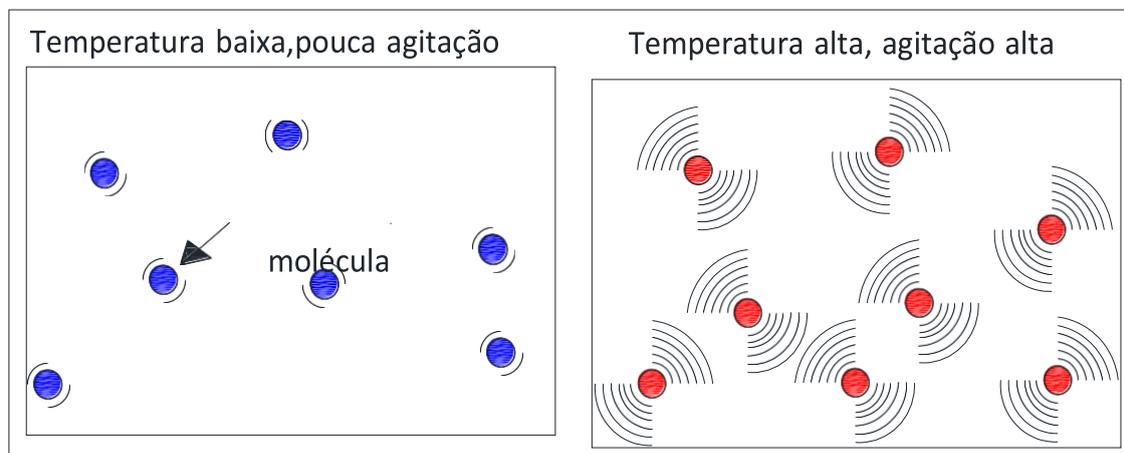
Figura 2: Termograma.



Fonte: O autor, 2020.

Resumindo o conceito de temperatura pode-se definir a temperatura como sendo uma relação direta com a energia cinética das moléculas da matéria, quanto maior a temperatura maior a energia cinética e consecutivamente o objeto emite uma quantidade maior de radiação ao meio, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Temperatura vs agitação das moléculas.



Fonte: O autor, 2020.

No geral o ponto de aquecimento em equipamentos elétricos ocorre quando temos a influência de algumas das situações como sobrecarga, alta vibração, corrosão, vida útil.

Manutenção preditiva por ultrassom, pode ser dividida em por contato e a sem contato. A de contato é aplicada a motores e outros componentes que pode haver o contato físico sem risco para o equipamento e/ou executante da atividade. Já a ultrassom sem contato, é executada com uma distância utilizando uma antena

conectada ao instrumento de medição, geralmente é utilizado em sistemas elétricos aplicado a inspeções em isoladores de linha de transmissão, buchas de transformadores, chaves seccionadoras, transformadores de corrente e potencial dentre outros equipamentos, para identificação de efeito corona, que nada mais é do que uma pequena descarga de um ponto energizado para a massa, essas descargas iniciam se de forma imperceptível para os sentidos humanos e para ampliar essa percepção que o ultrassom é utilizado.

A tecnologia do ultrassom baseia-se em detectar ondas sonoras em frequências acima daquelas percebidas pelo sistema auditivo do ser humano, tipicamente até 16,5 kHz podendo em alguns casos chegar a 20 kHz. Nas redes de distribuição, as principais fontes de ultrassom são descargas parciais, corona, arcos ou trilhamentos. Assim os equipamentos de ultrassom basicamente detectam por meio de um transdutor piezoelétrico a onda ultrassônica e este sinal é convertido por meio de um circuito em sinal audível. Alguns equipamentos possuem somente um fone de ouvido, pelo qual se ouve o sinal de ultrassom e outros possuem além do fone de ouvido um indicador da intensidade sonora detectada em dBu (ALESSI e OGAWA, 2010).

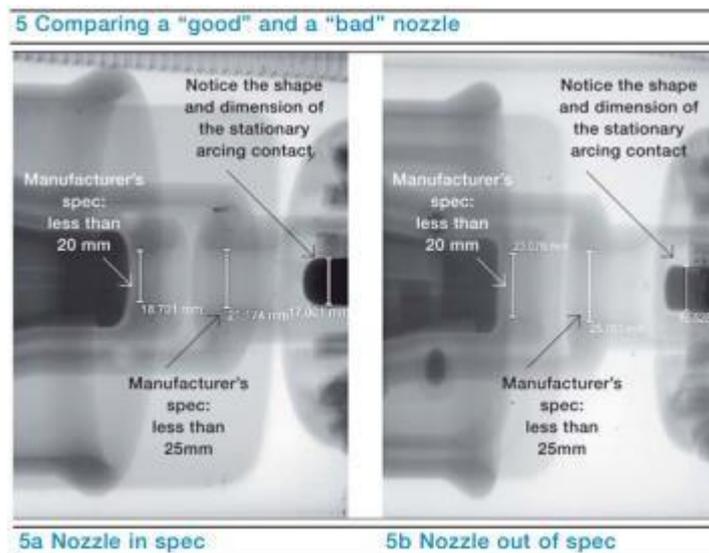
A análise de óleo isolante é uma técnica extremamente importante para acompanhamento da condição operacional de transformadores e outros equipamentos isolados a óleo. Através das análises físico química e cromatografia, é possível acompanhar o envelhecimento como a tendência de aumento e ou redução de gases dissolvidos no óleo, indicando assim curtos problemas ocorridos, como curtos internos dentre outros que podem reduzir a vida útil do óleo (MILASCH MILAN, 2003).

Outro tipo de análise preditiva, é a de radiografia, aplicada em disjuntores com o princípio parecido com a que conhecemos na medicina, onde pode-se verificar estrutura sem a necessidade de abertura do equipamento. A radiografia é a mais recente tecnologia de imagem de raios-x, empregada em equipamentos encapsulados, para capturar imagens digitais detalhadas dos componentes internos. Estas imagens são analisadas por especialistas, que verificam dimensões e tolerâncias dos componentes em comparações com especificações do fabricante e desenhos de montagem. A radiografia elimina a necessidade de grandes intervenções nos equipamentos, onde para verificar desgastes seria necessário a desmontagem completa dos equipamentos, o que pode levar alguns dias, a

radiografia aumenta a confiabilidade dos equipamentos, descartando nesse caso a infiltração de contaminação com a desmontagem. Esta tecnologia pode ser implantada pela metade dos custos de manutenção associados a mais Práticas de manutenção convencionais e invasivas (MICHAELSON, 2004).

Segundo Michaelson com esta técnica é possível sem a abertura do equipamento que só pode ser feito por uma equipe especializada em equipamentos isolados a SF6 (hexafluoreto de enxofre), o que agrega um alto custo, por ser uma mão de obra escassa, já que essa técnica tem em média a metade do custo da abertura, com ela é possível avaliar o desgaste de contatos fixos, componentes que pode ter se deslocado com no caso abaixo pode-se ter uma ideia que uma avaliação de um disjuntor em bom estado e outro onde foi localizado um defeito, neste caso apenas esse precisa ser aberto para manutenção e troca do componente, em média um equipamento de 138KV que demoraria cerca de 2 dias para uma manutenção tradicional, com abertura do equipamento apenas uma inspeção dos componentes com a técnica é possível ter um diagnóstico em 2 horas.

Figura 4: Radiografia em disjuntores de alta tensão ABB.



Fonte: MICHAELSON, JERRY, 2013.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O referido estudo utilizou o método qualitativo com o auxílio de livros, artigos e trabalhos de conclusão de curso, onde foi explanado os aspectos qualitativos por meio de uma revisão da literatura de caráter exploratório, na busca de demonstração apoiando em um referencial teórico conceitual, servindo de base para as práticas.

Com isso, foi definido que a técnica de coleta dos dados seria uma revisão bibliográfica, onde foram utilizados 16 artigos e 9 livros publicados entre 1987 e 2019, voltados para termografia, produção, manutenção, instrumentação.

Utilizando também o método quantitativo em diversas experiências, onde se comprava teorias e fundamentações esplanadas no método qualitativo, complementando algumas destas teorias e informações relatadas.

Portanto, a proposta do trabalho foi construir um estudo acerca da confirmação que a utilização de técnicas preditivas auxiliam a produção, e não devem ser consideradas como custo desnecessários, tendo em vista que a preditiva evita paradas desnecessárias reduzindo custos.

A desvantagem de não utilizar as técnicas preditivas principalmente a termografia está em não ter como acompanhar a real situação de máquinas levando a riscos desnecessários com paradas em momentos demissíveis para a indústria, pois pontos de aquecimentos que poderiam ser identificados e corrigidos no início, em casos de picos de produção justamente onde os maquinários são exigidos ao máximo, também são agravados os aquecimentos por falhas em conexões, onde o aumento de produção a corrente e a resistência de aquecimentos por essas falhas podem provocar princípios de incêndios e em casos mais graves incêndios onde a parada de produção é total.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OBJETO MEDIDO

O objeto medido deve ser analisado antes do início da atividade, já que sua estrutura física pode influenciar a termografia, e a falta de conhecimento sobre a sua estrutura pode resultar em parada indevida e/ou encobrindo defeitos eminentes. Devido a uma análise malfeita, pontos de emissividade, transmissividade e reflexão são ponto principais nesta análise que serão discutidos. Na tabela 1 são apresentados de precisão versus emissividade de um objeto medido.

Tabela 1: Precisão Vs emissividade.

Precisão Vs emissividade		
Emissividade	refletância	precisão
Até 0,8	0,2	alta
0,6 a 0,8	0,2 a 0,4	media
>0,6	<0,4	Necessário compensação

Fonte: o autor, 2020.

A compensação de temperatura refletida (RTC) deve ser utilizada para a aproximação e temperatura real, pois é um fator primordial no cálculo da temperatura. Garantir o ajuste da emissividade corretamente é crucial quando a uma grande diferença de temperatura entre o objeto medido e o ambiente de medição.

Quando a temperatura do objeto medido está acima da temperatura ambiente, o erro relacionado a emissividade se comporta conforme tabela abaixo, onde uma emissividade acima do real, provoca uma leitura errada para um valor menor do que o medido diretamente no objeto.

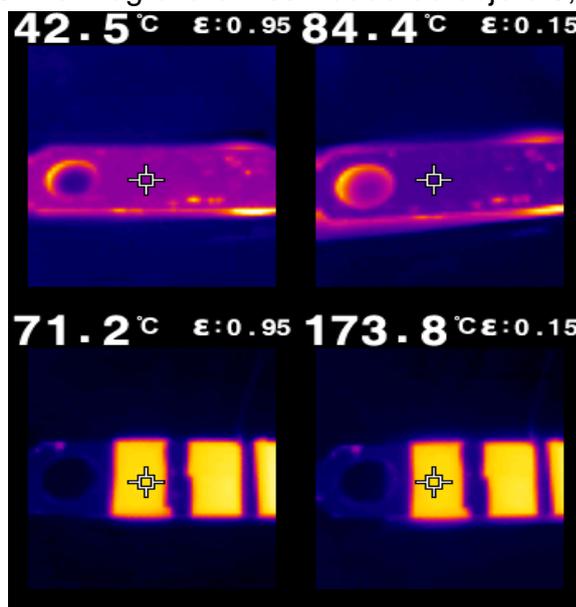
Na imagem da Figura 5, comprava-se que um objeto com temperatura acima da temperatura do ambiente, com uma emissividade acima do real produz um erro de medição para baixo do real, na imagem abaixo foi feito com a emissividade.

Tabela 2: Objeto com temperatura maior que a ambiente.

Objeto com temperatura maior que a ambiente	
ϵ (emissividade)	Leitura
Excessiva acima	Abaixo do real
Excessiva abaixo	Acima do real

Fonte: o autor, 2020.

Figura 5: Termografia emissividade do objeto 0,15 e 0,95 (real 72°C).



Fonte: o autor, 2020.

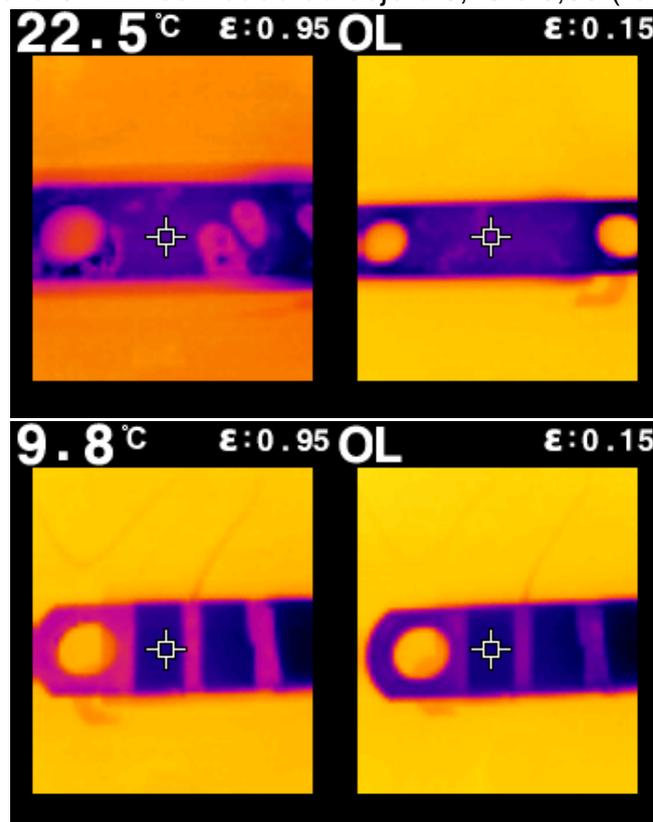
Quando a temperatura do objeto medido está abaixo da temperatura ambiente, o erro relacionado a emissividade se comporta conforme tabela abaixo, onde uma emissividade acima do real, provoca uma leitura errada para um valor maior do que o medido diretamente no objeto, a imagem 6 comprovou as medições, emissividade acima do real provoca um erro a mais e emissividade excessivamente abaixo do real provoca uma medição errada para menos.

Tabela 3: Tabela Objeto com temperatura menor que a ambiente.

Objeto com temperatura menor que a ambiente	
ϵ (emissividade)	Leitura
Excessiva acima	Acima do real
Excessiva abaixo	Abaixo do real

Fonte: o autor, 2020.

Figura 6: Emissividade do objeto 0,15 e 0,95 (real 12°C).

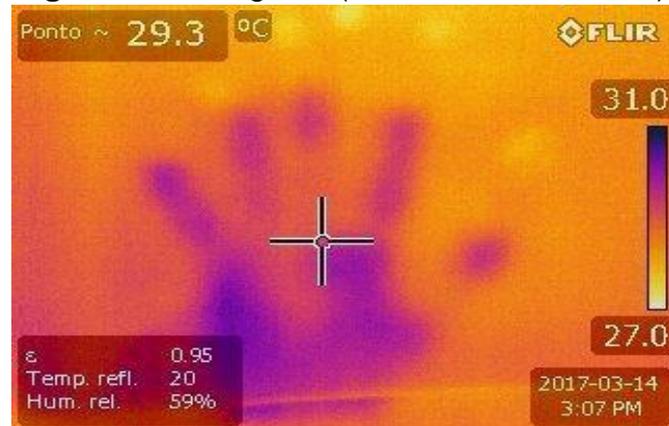


Fonte: o autor, 2020.

Na Figura 7 comprova-se a transferência de calor, ao tocar em um objeto nos transmitimos nosso calor e conseqüentemente o objeto ira emitir essa energia em

forma de radiação até se estabilizar com o meio novamente, na imagem em questão a energia foi transmitida ao tocar um vidro, o calor é transferido do corpo de maior temperatura para o de menor, o vidro continua a emitir o calor até que o vidro retorne a temperatura ambiente.

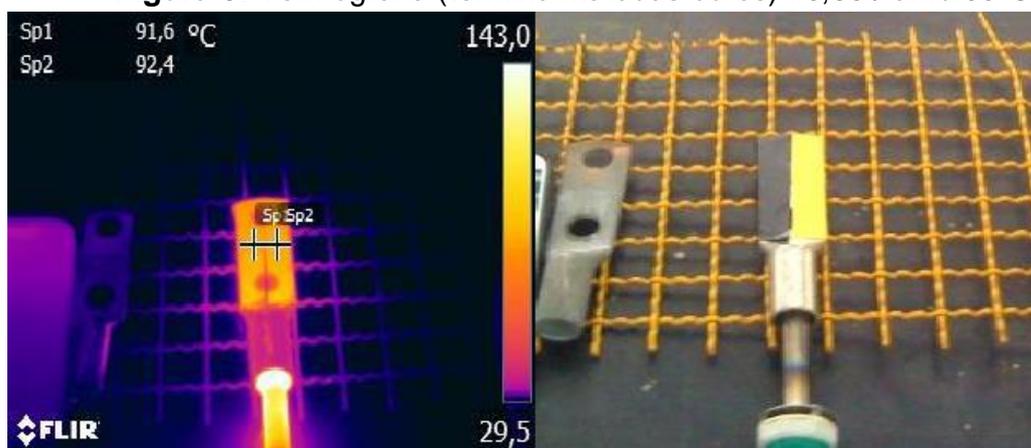
Figura 7: Termografia (transferência de calor).



Fonte: o autor, 2020.

Comprova-se com a Figura 8 como se comporta o calor, se deslocando do ponto mais quente para o mais frio, isso se aplica em todos os casos, no caso de um terminal com aquecimento ele obviamente conduz pelo cabo que está conectado a ele.

Figura 8: Termografia (termina fita duas cores) $\epsilon: 0,95$ / amb: 33°C .



Fonte: o autor, 2020.

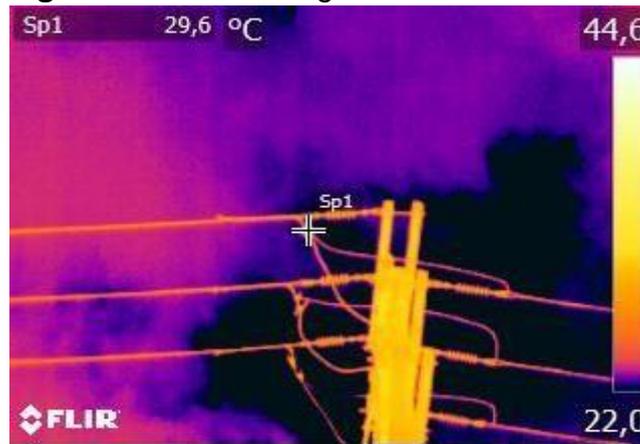
4.2 TERMOGRAFIA NA PRÁTICA

4.2.1 Características do termovisor

Um termograma ou imagem térmica exibida pela câmera termográfica, traz em uma imagem a leituras de milhares de pixels, onde cada uma tem informações

da quantidade de energia infravermelha obtiva do objeto alvo, tanto a energia que está emitindo, transmitindo ou refletindo com uma escala na lateral, onde se tem uma proporção visual de qual ponto da imagem possui a maior e a menor temperatura. Alguns exemplos podemos ser visualizados na imagem abaixo, uma imagem termografica de um poste.

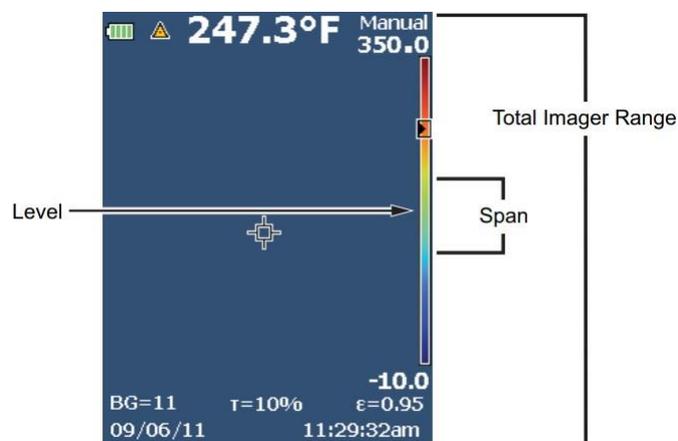
Figura 9: Foto Termograma.



Fonte: o autor, 2020.

Os termovisores e termômetros infravermelhos possuem diferença substanciais, enquanto termômetros infravermelhos comuns na indústria pelo baixo valor de investimento apresentam apenas uma única temperatura em um único ponto. As câmeras de imagem térmica proporcionam toda a imagem com centenas e milhares de pixels em que cada um é capaz de capturar a temperatura. A imagem térmica é o método mais eficaz para encontrar problemas ou potenciais problemas em uma variedade de aplicações em muitos campos.

Figura 10: Nivel e ranger termovisor fluke.



Fonte: Site fluke, 2017.

No exemplo da Figura 11, verificou-se que a faixa de temperaturas que são apresentadas na imagem termográfica variam de -1.4 a 46.2, nesse caso temos o modulo de [1.4] mais o modulo de [46.2] totalizando $1.4 + 46.2 = 47,6$ de span.

Figura 11: Span.



Fonte: o autor, 2020.

4.2.2 Formas de descobrir emissividade

Existem algumas formas para determinar a emissividade garantindo medições precisas de temperatura: Primeira forma para descobrir qual a emissividade de um corpo, e utilizado uma fita isolante fosca, a mesma deve sempre que for possível colocada na superfície a ser medida para utilizá-la como referência pois sua emissividade fica em torno de 0,98 ao realizar, essa medição de temperatura na fita com esse emissividade, deve ser medida próximo ao objeto alterando a emissividade até um valor próximo ao encontrado na fita isolante. Esse procedimento não pode ser utilizado em superfícies extremamente quentes, nem em objetos energizados pelo risco de choques durante e instalação.

A Segunda forma utilizando uma amostra do material a ser medido, no mesmo estado de conservação, pois materiais oxidado tem emissividades diferente de materiais polidos mesmo que sejam constituídos fisicamente pela mesma matéria. Deve-se aquecer a amostra do material a uma temperatura conhecida por um equipamento preciso, como uma estação de solda com controle de temperatura, aguardar um tempo para estabilizar a temperatura de pelo menos 5 minutos. Após isso, posicionar um sensor de temperatura de contato para medir a temperatura do ponto escolhido, com o termovisor medir a temperatura próximo ao sensor e

proceder com a alteração da emissividade até uma temperatura próxima ao sensor de contato.

Realizado o aquecimento de uma chapa de alumínio, com um termômetro de contato na placa, o mesmo registrou conforme imagens 38,39 e 40 os valores conforme descrito na tabela abaixo, com uma temperatura ambiente de 32.4°C, obteve-se a emissividade do alumínio está próxima a 0,15, mais com uma emissividade tão baixa a precisão da medida fica extremamente baixa, pois pode refletir a temperatura de outro componente próximo e facilmente mascarar um problema.

Tabela 4: Espectro comprimento por frequência e temperatura.

Emissividade	Temperatura °C	AT
0.99	46,2°C	13.8°C
0.95	41,7°C	9.3°C
0.15	56,6°C	24.2°C
Medida p/ con- tato	52,2 °C	19.8°C

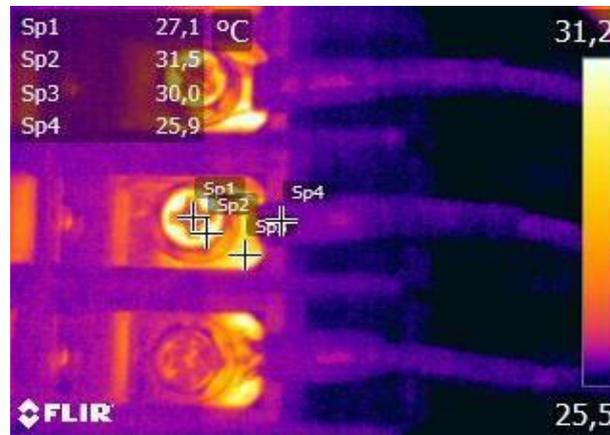
Fonte: o autor, 2020.

A terceira forma e com a fixação de fita crepe no objeto para isso a temperatura deve ser relativamente baixa, deve ser seguir o mesmo processo da fita isolante, aguardar pelo menos 5 minutos para que a fita fique com a mesma temperatura do objeto fixado, medir a temperatura na fita com emissividade em 0,98 e após isso medir em uma área próxima sem a fita alterando a emissividade até uma temperatura próxima a até com a da fita fixada.

Quarta forma de medição com orifício para mediações de temperaturas mais elevadas, onde a fita não possa ser utilizada, pode ser feito um orifício no material a ser medido. O orifício deve ter pelo menos 6 vezes o diâmetro do material. Com essa medida a emissividade do orifício pode ser medida com aproximadamente 0,95 a 0,98, a emissividade próxima a de um corpo negro, após a medida com 0,98 no orifício pode-se medir a temperatura no resto do objeto, alterando a emissividade até que a temperatura aproxime-se da medida anteriormente no objeto. A abertura da cavidade é um modelo de corpo negro, a radiação que entra já não sai e por isso dizemos que o corpo negro absorve toda a radiação que nele incide. No exemplo abaixo na Figura 12, o orifício central de um parafuso Philips o local do encaixe da chave para reaperto, serve como ponto de medição, pois ao entra a irradiação não

consegue refletir ficando presa e absorvida pelo parafuso, emitindo assim uma temperatura próxima ao real com uma emissividade alta próxima de 0,95.

Figura 12: Emissividade em orifícios como corpo negro.

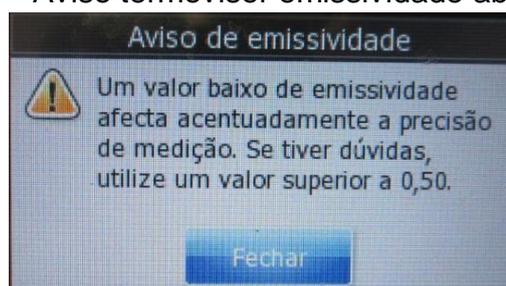


Fonte: o autor, 2020.

A Quinta forma de descobrir a emissividade correta de um material é com o revestimento de parte do material com tinta fosca. A emissividade da tinta fosca é próxima de 0,98, após a medição da temperatura da área coberta com a tinta, buscou-se a emissividade com a medição numa área sem a pintura próximo a medida anteriormente, alterou a emissividade até que a temperatura se aproxime da área coberta.

Valores de emissividade padronizados para a maioria dos materiais estão disponíveis. Esses valores são inseridos no instrumento para que se estime a emissividade do material, mais deve ser levado em conta que os valores variam de acordo com a oxidação do material. Valores de emissividade abaixo de 0,5 ou 50%, tem pouca precisão e ao realizar a inserção em vários termovisores, o próprio equipamento apresentou a mensagem de que a precisão fica comprometida em emissividades abaixo de 0,5, outros apresentam a mensagem abaixo de 0,6 (Figura 13).

Figura 13 – Aviso termovisor emissividade abaixo de 0,5.

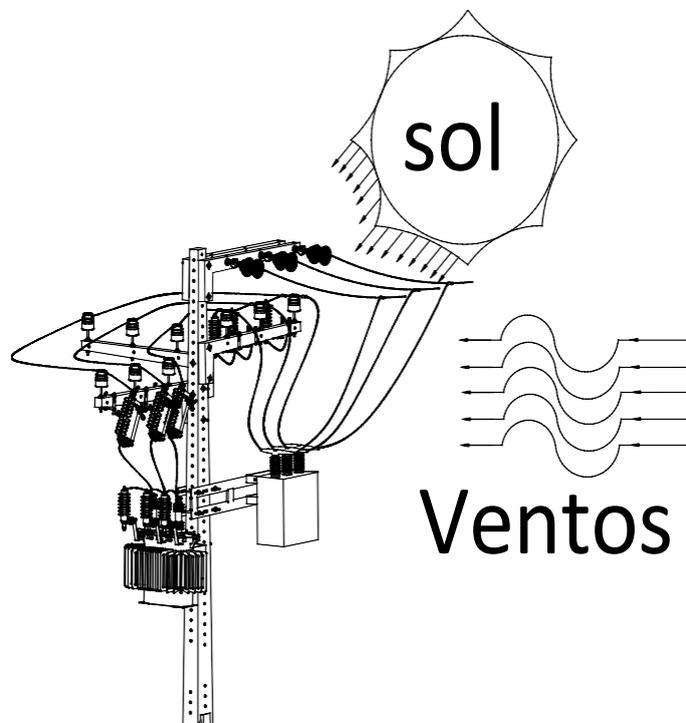


Fonte: o autor, 2020.

4.2.3 Influência do ambiente na termografia

A análise do ambiente tem uma grande importância na execução de uma termografia, principalmente quando é executada em um ambiente aberto, sobre a influência principalmente do sol, da velocidade dos ventos, umidade alta (acima de 70% ou após neblina), uma pequena garoa tem uma influência sobre a medição, pois há apenas uma fina camada de água sobre a superfície, além de diminuir a temperatura altera a emissividade do ponto e por último a temperatura refletida. O sol na Figura 14, mostra um exemplo de influência negativa na termografia, deve estar sempre em mente que, para executar uma termografia o ideal seria a noite, ou caso não seja possível, no início do dia ou no final do dia, para evitar a influência da temperatura do sol sobre o componente medido. Outro ponto que deve ser observado é o ângulo caso necessário efetuar durante o dia, o sol nunca deve ficar atrás do objeto medido, pois o termovisor não foi projetado para receber a radiação emitida pelo sol, podendo danificar o sensor do termovisor, o sol deve ficar sempre atrás do termografia, assim não saindo na termografia.

Figura 14: Termografia (transferência de calor).



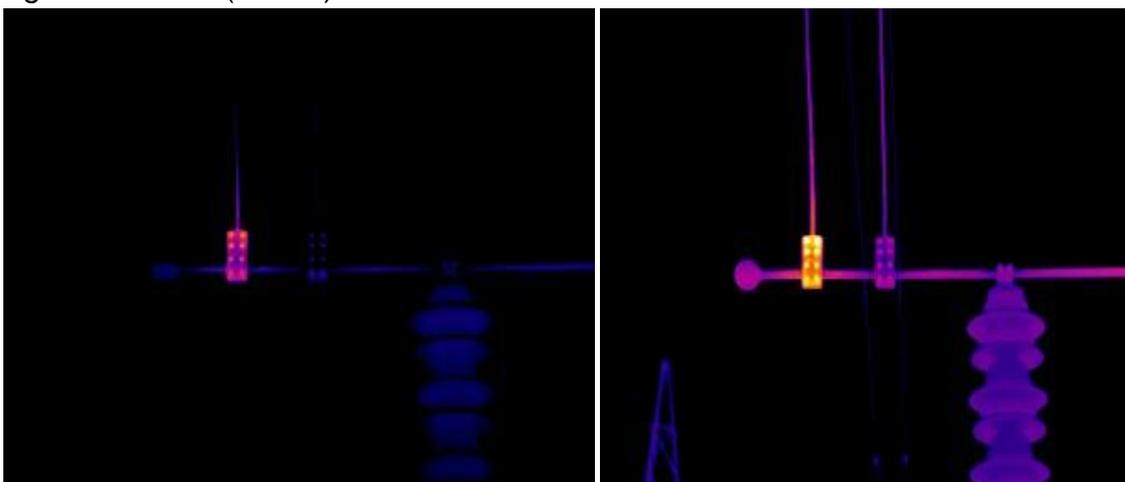
Fonte: o autor, 2020.

No caso dos ventos, temos que medir a velocidade sempre em ambientes abertos para realizar a correção da temperatura de acordo com a velocidade

medida. Para a realização de termografias em ambientes abertos é necessário a utilização de um anemômetro para a medição da velocidade dos ventos, a mesma tem uma influência direta na temperatura geralmente pela tendência de redução da temperatura do ponto medido, tendo uma medição errônea. No caso abaixo a medição da temperatura de uma conexão em componentes localizados em um poste, sofrem a influência do vento é no caso de inspeções durante o dia tem uma influência também da irradiação do sol.

Na prática da influência de velocidade do vento pode incumbir defeitos, como observou-se na Figura 15 abaixo, com o vento de 6,4m/s e no segundo caso com vento de 0m/s, evidencia-se a importância da medição de velocidade dos ventos e sua correta tratativa.

Figura 15: Efeito do vento sobre a temperatura de uma conexão defeituosa e uma normal. (a) Com velocidade do vento de 6,4 km/h (5:55 h) - (b) Com velocidade do vento igual a 0 km/h (9:14 h).



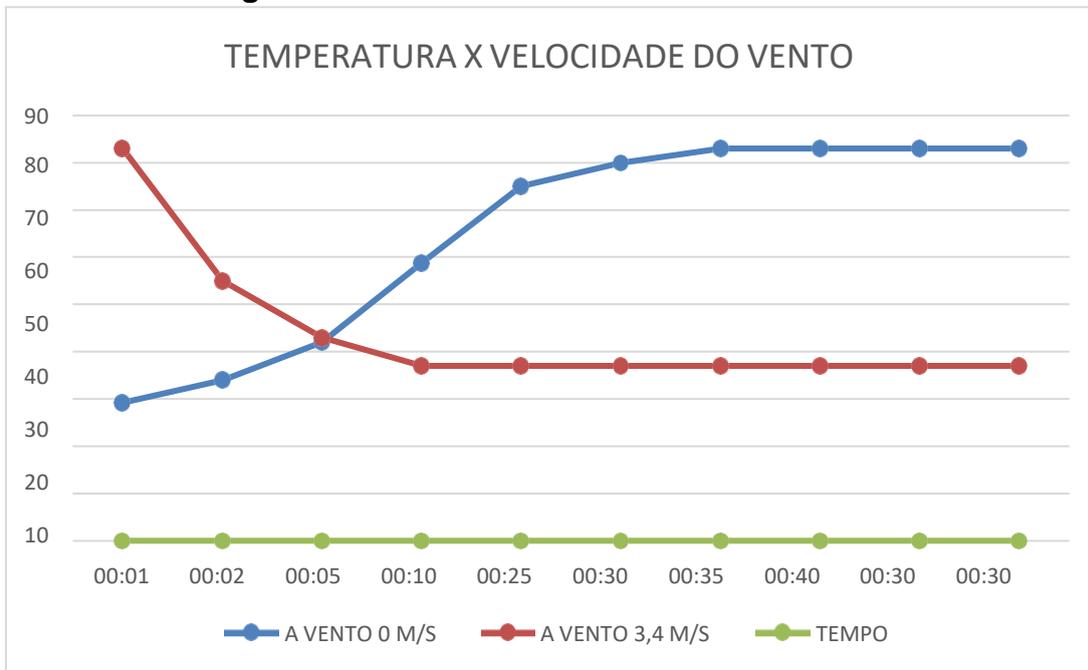
Fonte: SANTOS, 2006.

Realizado um teste sem a aplicação de ventos, e posteriormente com a aplicação de ventos próximos a 2,6m/s, avaliou-se que com a influência dos ventos a temperatura é próxima a temperatura ambiente, que nesse caso estava em 29°C, com isso pode levar a erros de interpretações (Figura 16).

A temperatura tende a um aumento até o ponto de equilíbrio. Sem a influência dos ventos, a temperatura neste caso chega ao seu ápice em 35 minutos e permanecendo em 83.6°C, realizado um teste sem a aplicação de ventos e posteriormente com a aplicação de ventos próximos a 3,6m/s, observou-se que com a influência dos ventos a temperatura se próxima de temperatura ambiente que nesse caso estava em 29°C, com isso pode levar a erros de interpretações. Essa

temperatura sofre uma queda drástica até o ponto em que encontra uma estabilidade, e logo após cessar a influência tende a aumentar novamente.

Figura 16: Medidas com e sem ventos.



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 5: Tabela Medidas 1.

Emissividade	SEM VENTOS	AT	COM VENTOS	AT
0.95	83.6°C	54,6°C	53°C	24°C
Por contato	83.6°C		53°C	

Fonte: O autor, 2020.

De acordo com a fórmula logo abaixo, temos 37°C medido e velocidade dos ventos de 3,6m/s, no caso de ambientes abertos a velocidade dos ventos não é constante, por esse motivo levou-se em consideração a temperatura após 1 minuto de aplicação dos ventos com 53°C, aplicando 53°C o fator de correção de velocidade dos ventos temos 86,3°C temperatura final corrigida, o que se aproxima da temperatura sem a influência dos ventos, mais como a temperatura medida também se reduziu deve ser aplicada a fórmula abaixo, pois primeiro deve ser retirada a temperatura ambiente, mesmo influenciando na temperatura do objeto medido, se retira a temperatura ambiente para que a mesma não influencie na média da temperatura, pode-se comparar medidas retiradas em horários distintos, já que por exemplo uma medida com 35°C e outra com 23°C, já teria 12°C de divergência, e em uma análise de tendência ficaria difícil de analisar o motivo da variação.

$$\Delta T = (T_{\text{medida}} - T_{\text{ambiente}}) * FCVV * FCC \qquad \text{Equação 1}$$

$$\Delta T = (53 - 29) * 1.64$$

$$\Delta T = (24) * 1.64 \Delta T = 39,36^{\circ}C$$

Onde:

TF- Temperature Final Corrigida ΔT - (Tmedida – Ambiente)

Tabela 6: FCVV (Fator de correção de velocidade dos ventos)

FCVV – Fator de Correção Velocidade do Vento (vento em m/s)							
Km/h	3,6	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2
m/s	1	2	3	4	5	6	7
FCCV	1	1,37	1,64	1,86	2,06	2,23	2,39

Fonte: O autor, 2020.

Comparou-se a temperatura medida após 1 minuto de influências dos ventos com a temperatura corrigida, onde se avaliou a diferença de 28,9°C a menos quando não se utiliza o fator de correção de temperatura.

Tabela 7: cálculo de ajuste de temperatura.

Emissividade	Temperatura	CORRIGIDO	DIFERENÇA
0.95	37,1°C	13,28°C	30,17°C
Por contato	55,5 °C	43,46°C	

Fonte: O autor, 2020.

Aplicou-se o fator de correção da velocidade dos ventos, onde temos uma temperatura aproximada do real sem a influência eólica, percebeu-se que a temperatura em ambientes abertos onde foi utilizado o fator de correção, a temperatura se aproximou mais do real, permitindo uma melhor avaliação.

A medição de temperatura refletida, pode ser medida com a utilização de equipamento específico ou com a técnica demonstrada que utiliza uma folha de papel alumínio amassada no solo onde será feito a medição, a folha deve ser amassada para que consiga capturar todos os raios emitido no máximo de direções possíveis, esse medida é necessária para medição de precisão, onde o valor encontrado pode ser compreendido como RTC (compensação de temperatura refletida), esse valor é inserido no termovisor, na temperatura refletida, tal valor serve pra que uma compensação da luz emitida influencie menos na termovisão, na pratica a RTC, influencia muito pouco, ao se alterar 5 a 10°C deste valor, o valor do ponto medido varia cerca de 0,1°C apenas.

Por conta da valorização do metro quadrado em grandes centros urbanose até mesmo por uma busca por otimização de espaço não ligados diretamente a

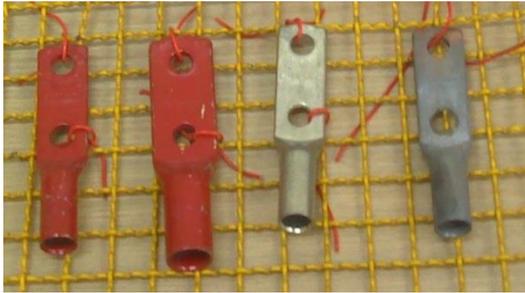
produção, que é o caso das instalações elétricas dão todas as condições para a produção mais o investimento não retorna diretamente em maior produção das indústrias em geral, para reduzir os espaços ocupados por grandes equipamentos convencionais como disjuntores, chaves seccionadoras dentre outros, os equipamentos isolados a SF6 (hexafluoreto de enxofre) vem como uma opção, apesar do custo maior a isolação do SF6 permite que barramentos fiquem mais próximos, reduzindo o espaço ocupado, mais no caso destes equipamentos a termografia fica impraticável. Por conta da termografia capturar apenas a camada superficial, e nestes equipamentos todas as conexões ficarem enclausuradas, traz um novo desafio para as técnicas preditivas, por esse motivo não é possível visualizar os equipamentos internos, como transformador de corrente, disjuntor, barramentos, chaves seccionadoras.

Dentro dos equipamentos que mais apresentam defeitos destacam-se os painéis elétricos, onde vários componentes como contadores, reles, disjuntores e barramentos são pontos vulneráveis, esse painéis são importantes em indústrias de diversos tamanhos, desde microempresas a multinacionais, devem ser um dos principais focos da termografia, pois são um dos principais causadores de incêndios: Curto circuito em equipamento ou instalação elétrica; Componentes mal dimensionados para a instalação (disjuntor de 100 amperes e cabos que suportam 30 Amperes); Superaquecimento de equipamentos elétricos devido ao excesso de pó acumulado; Atrito mecânico - elementos rotativos (Ex.: redutores); Umidade excessiva.

4.2.4 Experiências termográficas

Com intuito de realizar a verificação na prática de emissividade em terminais de alumínio, comuns em transformadores e painéis elétricos industriais, foram selecionados quatro terminais do mesmo material mais com diferentes emissividades ou com cobertura de tintas, com a oxidação induzida em um terminal novo e com um terminal novo sem nem uma interferência, conforme imagem 17.

Figura 17: Termografia (terminais utilizados no teste).



Fonte: O autor, 2020.

Na primeira experiência o terminal de alumínio novo sofreu uma oxidação induzida, após ser mergulhado por duas horas em uma solução de perclorato de ferro dissolvido em água, o terminal foi aquecido por cinco minutos e vinte segundos (00:05:20) com uma resistência de 60W atingiu uma temperatura de 114,6°C, conforme pode observado na Figura 18.

Figura 18: Termografia (terminal oxidado).



Fonte: O autor, 2020.

Na segunda experiência, um terminal de alumínio novo sem qualquer interferência foi aquecido pelos mesmo cinco minutos e vinte segundos da primeira experiência (00:05:20), com uma resistência de 60W atingiu uma temperatura medida pelo termovisor de 58,3°C com uma emissividade de 0,95, conforme imagem 19.

Figura 19: Termografia (terminal novo).



Fonte: O autor, 2020.

Já na terceira experiência, o terminal de alumínio novo pintado com spray foi novamente submetido a cinco minutos e vinte segundos (00:05:20) de aquecimento através de uma resistência de 60W, atingiu uma temperatura medida pelo termovisor de 130,2°C, como pode ser visualizado na imagem 20.

Com isso, conclui-se que a oxidação influencia diretamente na emissividade, e a pintura também, por alterar a camada superior do terminal e assim também altera a emissividade do mesmo.

Figura 20: Termografia (terminal pintado).



Fonte: O autor, 2020.

4.2.5 Distância de medição.

Alguns conceitos devem ser compreendidos, quando falamos do menor objeto a ser medido e máxima distância para medir um objeto. Para entender que há uma divergência de conceitos e nomenclatura entre fabricantes de termovisores, o que é mili rad está relacionado ao ângulo que o equipamento pode ter durante a leitura e

consecutivamente ao tamanho do menor objeto medido, já o FOV pode ser compreendido como a visão total geral do termovisor, O IFOV é o menor objeto que pode ser visualizado pelo termovisor, alguns fabricantes colocam outra nomenclatura (TESTO “IFVOgeo” a FLUKE “IFOVteorico”), mas o IFOV e igual a 1 ponto ou pixel.

O MFOV é o menor objeto medido pelo termovisor e possui uma formula genérica que se aplica a maioria das fabricantes (alguns fabricantes colocam outra nomenclatura (TESTO “IFVOmeas” a FLUKE “IFOVpratico”), mas favor adotar o MFOV= 3x IFOV (deve ter pelo menos 6 a 8 pixels para obter umamedição).

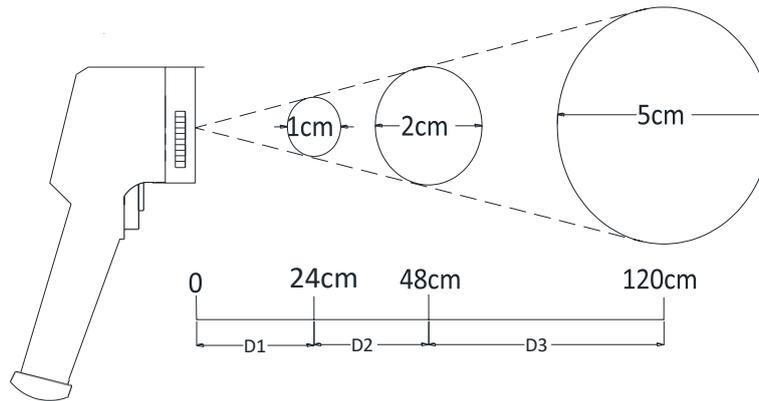
$$MFOV = 3xIFOV \quad \text{Eq. 2}$$

$$MFOV = 3x15mRad \text{ (15mRad e um exemplo)} \quad MFOV = 45mRad$$

Para o Fluke são necessários entre 6 e 8 pontos de medição no objeto para ter uma precisão, caso o ponto tenha 3.39cm x 3.39cm devemos multiplicar 3.39cm por 3 o que dá 10,17cm, ou seja o objeto medido pela câmera a 10 metros deve ter pelo menos 10.17cm x 10,17cm.

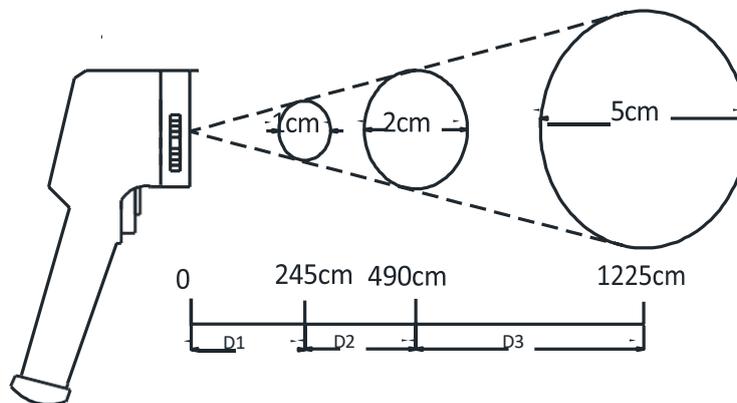
Simplificando podemos utilizar o exemplo do Flir serie E60 possui um IFOV de 1.36mRAD, que multiplicamos por 3, $3x1,36=4,08mRAD$, que significa que a 1 metro o termovisor mede um objeto de 0,408cm por 4,08cm (4,08mm por 4,08mm), se dividir 100cm (1metro) por 0,408cm objeto, obtém-se a relação distancia objeto, aproximado de 245 para 1 , conforme a Figura 21 para medir um objeto de 1cm por 1cm o termografista pode ficar a uma distância máxima de 245cm, a relação pode ser utilizada para saber a distância máxima dependendo do objeto medido, o termovisor como o TG165 da Flir já traz a informação da relação, que no caso e de 24:1 como se observa na Figura 22 a relação e muito inferior para medir o mesmo objeto de 1cmx1cm o termografista deve ficar a uma distância máxima de 41cm do objeto alvo).

Figura 21: Distância de medição TG165 FLIR



Fonte: O autor, 2020.

Figura 22: Distância de medição E60 FLIR



Fonte: O autor, 2020.

4.2.6 Fatores de correção de temperatura (compensam)

Ao executar uma inspeção termográfica deve-se ter em mente que o meio onde o objeto está inserido influencia em muito os valores coletados e pode em muitos casos indicar situações errôneas onde um problema pode ser encoberto ou pode ser apresentado um problema onde não existe. Destes fatores podemos destacar os principais, que são os fatores de carga e o fator de correção de velocidades dos ventos, conforme é apresentado na fórmula abaixo.

$$\Delta T = (T_{\text{medida}} - T_{\text{ambiente}}) * FCVV * FCC \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

TF- Temperature Final Corrigida ΔT - (Tmedida – Ambiente)

Tabela 8: FCVV (Fator de correção de velocidade dos ventos).

FCVV – Fator de Correção Velocidade do Vento (vento em m/s)							
Km/h	3,6	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2
m/s	1	2	3	4	5	6	7
FCCV	1	1,37	1,64	1,86	2,06	2,23	2,39

Fonte: O autor, 2020.

O fator de correção de carga nada mais é do que multiplicar o ΔT que é a diferença entre a temperatura medida menos a temperatura ambiente, após isso multiplicar pelo fator relacionado com a carga do equipamento, por exemplo, que o cabo suporta 100A mas está com 40A, tem-se os cabos com uma carga de 40% da nominal estão verifica-se na tabela que a devida carga corresponde a um fator de 4,94 por cento, ao multiplicar o calor fictício de 28°C com uma carga de 40% temos 138°C, isso significa que este mesmo componente terá uma previsão de temperatura quando estiver com 100% de carga de 138°C de temperatura, com isso pode ser comparado o MTA (máxima temperatura admissível) estabelecida pelo fabricante do equipamento inspecionado, caso não possua essa informação existe tabela que norteiam os valores médios ou a utilização da experiência de outro componente em mesmas condições.

$$\Delta T = (T_{medida} - T_{ambiente}) * FCVV * FCC \quad \text{Equação 4}$$

$$\Delta T = (T_{medida} - T_{ambiente}) FCC$$

$$\Delta T = (28) 4.94 \Delta T = 138,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tabela 9: Tabela FCC (Fator de Correção de Carga).

FCC Fator de Correção de Carga														
CARGA	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%	45%	40%	35%
FCC	1	1,11	1,23	1,38	1,56	1,78	2,04	2,37	2,78	3,31	4	4,94	6,25	8,16

Fonte: O autor, 2020.

Para saber o fator de carga, deve ser utilizado a fórmula abaixo onde se obtém a porcentagem que deve ser utilizada no cálculo, deve salientar que uma carga menor de 30 por cento da nominal não é indicado a realização de termografia

por não possuir uma temperatura muito acima da ambiente o que torna a imagem radiométrica apenas um borrão, sem a apresentação de temperatura distinta estes componentes na imagem tornam-se pouco útil como um instrumento de manutenção preditiva, já que para a utilização de fatores de correção de carga só é indicado acima de 50 por cento, pois é uma estimativa de temperatura que o componente terá com cem por cento de carga, e quanto menos a carga maior será o multiplicador, o que torna pouco preciso a estimativa.

$$FCC = (I \text{ medida} / I \text{ nominal}) * 100 \quad \text{Equação 5}$$

$$FCC = (40A / 100A) * 100$$

$$FCC = (0,4A) * 100 \quad FCC = 40\%$$

O fator de correção de velocidade dos ventos é de extrema importância para termografias realizadas em ambiente aberto, pois o fluxo do ar pode ter uma forte influência no valor medido, e pode ser decisiva na impossibilidade de execução se o velocidade exceder 10m/s, isso se faz importante em medições mas precisa que a velocidade dos ventos ultrapassa 1m/s, pois o vento passando com velocidade pelo componente medido reduzirá a temperatura, atuando como uma ventilação forçada resfriando e apresentando uma temperatura não real.

Com a utilização de um anemômetro deve ser medido a velocidade no local onde a medição termografica será executada, com base nessa medição deve ser feita a multiplicação do fator com o ΔT , conforma a formula abaixo.

Tabela 10: FCVV (Fator de correção de velocidade dos ventos).

FCVV – Fator de Correção Velocidade do Vento (vento em m/s)							
Km/h	3,6	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2
m/s	1	2	3	4	5	6	7
FCCV	1	1,37	1,64	1,86	2,06	2,23	2,39

Fonte: O autor, 2020.

$$\Delta T = (T_{\text{medida}} - T_{\text{ambiente}}) * FCVV * FCC \quad \text{Equação 6}$$

4.2.7 Preditiva na redução de custos com produção

A manutenção é uma importante ferramenta no controle de custos de uma produção o seu correto direcionamento pode trazer benefícios como a redução de custos, e na falta deste controle de uma manutenção eficiente e eficaz pode provocar inúmeros prejuízos a uma empresa, como paradas durante picos de

produção, por conta de falhas não identificadas durante uma manutenção preditiva e preventiva.

Evidenciou-se que a aplicação de termografia está diretamente ligado a produção em qualquer indústria, sua correta utilização como técnica preditiva pode trazer a redução de custos diminuindo defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevados que as ações de prevenção, produtos com maior qualidade de equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais produzidos, a uma Preservação do Meio Ambiente com uma boa regulagem das máquinas, advindo da TPM, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais.

Em máquinas menos críticas pode ser mais conveniente a corretiva do que preventiva e preditiva, levando em consideração os custos de prevenir a quebra do que aguardar a parada da máquina ou equipamento. Mas em máquinas importantes a produção industrial é importante a prevenção para a programação da parada antes de uma eventualidade, pois aguardar é previsto em um momento de pouca produção, no caso de falta de prevenção acontece geralmente no pico da produção, pois é nesse momento que é mais requisitado, elevando a sua temperatura, consumo de corrente, esforço das peças mecânicas, neste momento uma parada provoca perda da produção inesperada podendo levar a máquina a quebra de mais peças não previstas (XÊNON, 2014).

Em equipamentos críticos que podem parar a produção completamente ou reduzir processos importantes, são necessárias medidas de controle e uma atenção maior do plano de manutenção em relação as preditivas, o caso abaixo da Figura 23 onde um aquecimento em um TC (transformador de corrente) de 230KV provocou o superaquecimento pela passagem de uma quantidade de corrente maior, o ponto de folga apresentou uma resistência que para o nível de tensão e corrente acabou gerando um calor intenso. Com o passar do tempo o mesmo com uma pequena folga, agravando-se o TC tende a permanecer fornecendo a corrente para mandar a carga e com isso eleva a diferença de potência no ponto até o limite onde a isolação no secundário não será suficiente explodindo o mesmo, essa ocorrência certamente seria identificado por uma inspeção termografia, onde logo no início apenas pela comparação com as outras fases seria possível a identificação e um aquecimento que poderia ser programado. A não execução desta manutenção preditiva ocasionou uma parada repentina um equipamento de alto custo, difícil aquisição, que

geralmente demora de 3 a 6 meses entre solicitação, produção e entrega, esse tipo de parada reduz ou disponibiliza a produção trazendo sérias consequências financeiras, e relacionadas à segurança de trabalhadores que ocasionalmente trabalham próximos a equipamentos que sem a manutenção regular podem apresentar problemas a qualquer momento.

Figura 23: Registro de explosão de um TC.



Fonte: O autor, 2020.

4.2.8. Vantagens da utilização de termografia em manutenções industriais

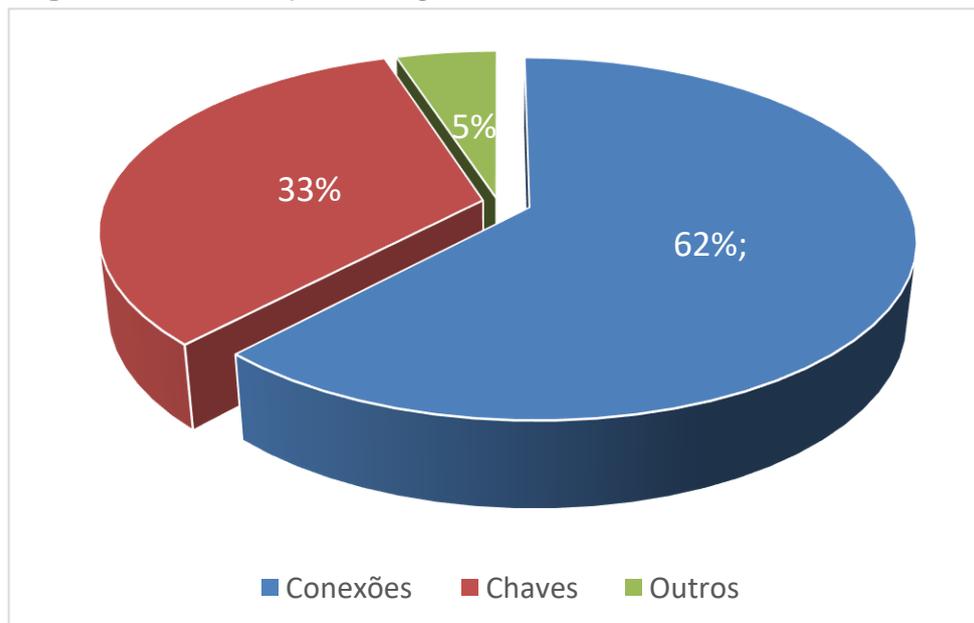
As vantagens de utilizar as manutenções preditivas na manutenção industrial são a diminuição do tempo de resposta antevendo falhas eminentes, podendo atuar em períodos onde o impacto na produção é menor, reduzindo ocorrências de incêndios onde equipamentos e vidas podem ser perdidos por falhas não identificadas previamente, essa agilidade na identificação de pontos quentes provenientes de falhas em contatos de condutores e aquecimentos de materiais além das especificadas pelos fabricantes, traz uma velocidade de resposta, é essencial para a melhoria da qualidade do serviço, mantendo a confiabilidade do sistema.

Outro ponto positivo é na diminuição de custos de uma forma geral, esse aspecto é evidente em várias formas, na diminuição de paradas não programadas, na redução em troca de componentes danificados após superaquecimentos, garantindo a disponibilidade do equipamento, é possível traçar metas que podem ser alcançadas, evitando custos de produção maior em horários extraordinários por conta de paradas repentinas afetarem a produção em horários normais.

Outro destaque dos benefícios para a produção com a aplicação da termografia foi em fornos, após um levantamento realizado em um período de 3 anos

totalizando neste período 530 ocorrências, foram obtidos os resultados na figura 24 onde pode-se observar com esses resultados do estudo que as conexões são os principais focos de defeitos no setor elétrico, logo após pode se destacar as chaves seccionadoras e em seguida temos para raios, transformadores de corrente (TC), transformadores de potencial (TP's), disjuntores (SANTOS, 2006).

Figura 24: Grafico porcentagem de incidentes furnas durante 3 anos.



Fonte: Santos, 2006.

Esse estudo evidencia que a não aplicação da termografia nesses 530 casos provocariam perdas substanciais a produção, pois os pontos não inspecionados permaneceriam até o dano não poder ser mais reversível, gerando paradas, com a correta execução de uma termografia e com a periodicidade necessária, eventos conforme os descritos na figura 24 podem ser identificados antes de ocasionarem uma falha no fornecimento de energia e consecutivamente parada de produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho analisou a utilização da termografia na redução de custos com paradas não programadas, advindas da falta de monitoramento das condições operacionais de máquinas industriais, sendo a termografia a opção mais prática de todas disponíveis pelas técnicas preditivas, não sendo somente mais uma opção e

sim uma necessidade, para atingir uma melhor qualidade, da para atender a exigências de um mercado cada vez mais competitivo.

O gerenciamento das tendências também é muito importante pois a falha na análise pode encobrir problemas, possibilitando a utilização de softwares para acompanhar os equipamentos essenciais para cada indústria, o que traz ao gestor uma confiabilidade necessária para construção de metas de produções que podem ser cumpridas.

REFERÊNCIAS

ALAN KARDEC E JÚLIO FONSECA. **Manutenção função estratégica**. 3ªed. Editora QUALITYMARK. 2009.

ALESSI, LINCON PEREIRA, OGAWA, SILVIO KATSUO. **Estudo comparativo entre as técnicas aplicadas à inspeção instrumentalizada de redes de distribuição de redes de distribuição de energia elétrica**, 2010, <<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/151.pdf>> Acessado em: 21/01/2018.

MILASCH, MILAN. **Manutenção de transformadores em líquidos isolantes**, 6ª edição. Editora: EDGARD BLUCHER, 2003.

MICHAELSO, JERRY. **Radiographic inspection saves costs and downtime and enables better maintenance planning**, ABB, 2013, disponível em < <http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2GNM110138&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>> acessado em 11/03/2018

RESENDE, ALVIMAR CARNEIRO. **Curso técnico mecânico**. Senai. 2008. Disponível em: <<https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2012/10/manutenc3a7c3a30-de-mc3a1quinas-e-equipamentos.pdf>> Acesso: 16 de outubro de 2017.

SANTOS, LAERTE, **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA** em Subestações de Alta Tensão Desabrigadas, 2006. Disponível em < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp042339.pdf>> Acessado em 24/03/2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

VIANA, ULISSES BARCELOS. **Instrumentação Básica II Vazão, Temperatura e Analítica**. SENAI. 1999. Disponível em: http://www.dequi.eel.usp.br/~felix/Instrumentacaobasica2_pdf.pdf> Acesso: 15 de outubro de 2017.

XENON, HARILAUS GEORGIUS D'PHILIPPOS. **Gerenciamento a manutenção produtiva**, Editora DG, volume 2, 2014.

