



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ ABNER NOGUEIRA DIÓGENES

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA

FORTALEZA

2019

JOSÉ ABNER NOGUEIRA DIÓGENES

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Mecânica do Departamento
de Engenharia Mecânica da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D622a Diógenes, José Abner Nogueira.
Análise e Implementação de um Plano de Manutenção na Indústria Alimentícia / José Abner Nogueira
Diógenes. – 2019.
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima.

1. Manutenção Preventiva. 2. Manutenção Preditiva. 3. OEE. 4. Capacidade de Produção. 5. Indústria Alimentícia. I. Título.

CDD 620.1

JOSÉ ABNER NOGUEIRA DIÓGENES

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Mecânica do Departamento
de Engenharia Mecânica da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovada em ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rômulo do Nascimento Rodrigues
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luiz Soares Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Ana Patrícia e Zé Abner.

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo incentivo e apoio dado em todas as etapas da minha vida.

Aos meus pais, por fornecer todo o suporte pessoal, acadêmico e humano sempre prezando pelos valores éticos e morais.

A Catarina, Carina, Laiana, Matheus e Murilo, pela parceria incondicional e por sempre me apoiar todos os meus projetos de vida.

Ao Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Rômulo do Nascimento Rodrigues e Prof. Dr. Luiz Soares Júnior por todo o tempo e dedicação.

A todos que compõe o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, em especial os professores, que fizeram e fazem a diferença na minha vida profissional e pessoal, orientando sempre em prol da busca pelo conhecimento e da ética.

A todos os meus colegas de graduação, por todo o companheirismo e ajuda durante essa jornada do curso de Engenharia Mecânica.

À toda a equipe da empresa Frutã, que com calorosa recepção permitiu o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

No cenário industrial atual, onde as empresas estão cada vez mais automatizadas, a manutenção é um fator que afeta, de maneira direta, a eficiência da planta fabril e, conseqüentemente, a competitividade industrial, que atingiu um patamar global. No trabalho em tela, o setor de manutenção da empresa de polpas de frutas Frutã foi analisado no que diz respeito aos procedimentos de manutenção, foi realizada uma análise de eficiência de equipamento para cada fruta e um plano de manutenção foi elaborado usando conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia Mecânica. Uma vez elaborado, o plano foi implementado e o índice de efetividade global de equipamento era monitorado diariamente com o intuito de acompanhar resultados e realizar possíveis melhorias no plano previamente estabelecido. Adicionalmente, houveram reduções de custos com a fatura de energia elétrica ao realizar abordagens contratuais com a companhia de distribuição de energia elétrica e através do uso da termografia em setores de alto consumo elétrico. Uma integração com o setor de produção possibilitou um aumento na capacidade de produção e um menor índice de deterioração dos produtos, tendo em vista que um novo formato de processo produtivo em fluxo contínuo foi sugerido. Esse conjunto de medidas aumentou a competitividade da empresa perante à empresas internacionais, possibilitando uma abertura de novos mercados.

Palavras-chave: Manutenção preventiva, manutenção preditiva, OEE, capacidade de produção, indústria alimentícia.

ABSTRACT

In the current industrial scenario, where companies are increasingly automated, maintenance is a factor that directly affects the efficiency of the manufacturing facility and, consequently, industrial competitiveness, which has reached a global level. In this activity, the fruit pulp company Frutã was analysed regarding its maintenance procedures and a plan was developed using the knowledge acquired during Mechanical Engineering graduation. Once drafted, the plan was implemented and the equipment overall effectiveness index was monitored in order to track results and make improvements on the previously established plan, if necessary. In addition, there were cost reductions with electric energy bills when contractual approaches were taken with the electricity distribution company and using thermography in sectors of with electric consumption. An integration with the production sector allowed an expressive increase in production capacity and a lower index of deterioration of the products, considering that a new format of productive process in a continuous stream was suggested. This set of measures generated savings of 64,7% in purchases of new equipment and a 36,9% increase in production.

Key Words: Preventive maintenance; predictive maintenance; OEE; production capacity; food industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução Temporal da Manutenção	15
Figura 2 – Cálculo de OEE	21
Figura 3 – Diagrama para determinar criticidade de equipamentos	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Paradas de disponibilidade da despoldadeira 01	29
Gráfico 2 – Taxa de troca de compressores em unidades.....	30
Gráfico 3 – Produção inicial (em kg) real por setor e por categoria em cada processo	31
Gráfico 4 – Comparativo de troca de compressores em unidades após intervenções.....	33
Gráfico 5 – Comparativo de produção (em kg) por máquina de envase	36
Gráfico 6 – Produção (em kg) real por categoria e processo após intervenções	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão de Frutas por categoria	24
Quadro 2 – Faixa de temperatura de trabalho aceitável por dispositivo	27
Quadro 3 – Índices de OEE iniciais do setor de extração.....	28
Quadro 4 – Índices de OEE iniciais do setor de envase	29
Quadro 5 – Índice OEE final para a despoldadeira 01	34
Quadro 6 – Índices de OEE final para refinador e pasteurizador	35
Quadro 7 – Mudanças aplicadas ao setor de envase	35
Tabela 8 – Índices de OEE finais para o setor de envase	36

LISTA DE ABREVIACOES

ABRAMAN	Associao Brasileira de Manuteno e Gesto de Ativos
AFNOR	Associao Francesa de Normalizao
NBR	Norma Brasileira
OEE	<i>Overall Effectiveness Equipment</i> ou Efetividade Global de Equipamento
TPM	Manuteno Produtiva Total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	13
1.3	Objetivos Específicos	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Conceito de Manutenção	14
2.2	As Gerações da Manutenção	15
2.3	Os Tipos de Manutenção	17
2.3.1	Manutenção Corretiva.....	18
2.3.1.1	Manutenção Corretiva Não Planejada.....	18
2.3.1.2	Manutenção Corretiva Planejada.....	18
2.3.2	Manutenção Preventiva.....	19
2.3.3	Manutenção Preditiva.....	19
2.3.4	Manutenção Produtiva Total (TPM).....	19
2.4	<i>Overall Equipment Efficiency (OEE)</i>	20
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – PLANO DE MANUTENÇÃO SUGERIDO	44
	APÊNDICE B – CÁLCULO DO OEE INICIAL	54
	APÊNDICE C – CÁLCULO DO OEE FINAL	59
	APÊNDICE D – MODELO DE DIÁRIO DE MÁQUINA UTILIZADO	64
	APÊNDICE E – FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA ZONA VERDE	65
	ANEXO A – DIAGRAMA PARA DETERMINAR CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS	68

1 INTRODUÇÃO

É de comum conhecimento que o segmento industrial investe montantes significativos de dinheiro nas modernizações de suas plantas industriais. Máquinas cada vez mais modernas são adquiridas com o intuito de tornar o processo de fabricação mais competitivo e rentável. Tais máquinas costumam ter função vital no processo de fabricação e uma parada de qualquer uma delas pode representar um grande prejuízo à empresa. Nesse cenário, a manutenção adquire papel fundamental para proporcionar boas condições operacionais.

Diante dessas novas tecnologias, faz-se necessário a presença de profissionais qualificados dentro das plantas industriais para operar tais equipamentos bem como para realização de manutenção, afinal, a alta produtividade só é mantida se as máquinas estiverem operando em perfeito estado, tarefa que cabe ao setor de manutenção.

Sendo assim, as atividades da manutenção são realizadas para manter os objetivos da produção, que por sua vez são focados na melhoria da produtividade, garantia da qualidade, redução de custos, cumprimento de prazos, segurança e proteção ambiental e aumento da motivação dos funcionários. (TAKAHASHI e OSADA, 1993).

Assim como as atividades do setor de manutenção requerem acompanhamento e monitoramento, o funcionamento dos equipamentos também precisa ser avaliado. Existem diversos índices e metodologias diferentes para fazer tal acompanhamento. Nesse trabalho será usado o *Overall Equipment Effectiveness* ou Efetividade Global do Equipamento - OEE - como principal ferramenta de comparação da eficácia do plano de manutenção.

Além do monitoramento da eficácia do plano de manutenção, o OEE também pode ser utilizado como indicador de que o dispositivo está perdendo sua eficiência e uma ação é requerida.

1.1 JUSTIFICATIVA

A globalização, a fácil comunicação e a busca por uma responsabilidade social vêm mudando o panorama da economia mundial. As empresas estão cada vez buscando se tornar mais competitivas almejando buscar novos mercados em países diferentes do que estão instalados. Nesse sentido, novos sistemas, linhas de produção bem como novas práticas inovadoras podem

vir a ser uma excelente opção para aumentar a competitividade corporativa. A mesma tecnologia implantada em equipamentos está sendo aplicada nas suas manutenções, visto que um equipamento pode ser extremamente rentável e eficiente, mas se quebra com frequência logo perde sua eficácia.

De acordo com Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos - Abramam, a relação do custo total da manutenção/faturamento bruto durante o ano de 2013 foi de 4,69%, o que representa um custo de R\$ 206.500.700,00.

Essa cifra é considerada elevada e minimiza a competitividade de empresas brasileiras em relação às estrangeiras. Uma melhora no custo operacional das plantas industriais brasileiras podem ocasionar um redução de custos e um aumento de competitividade, possibilitando abertura de novos mercados, especialmente em outros países.

1.2 OBJETIVOS

A proposta deste trabalho aumentar a eficiência do setor de manutenção de uma empresa de polpas de frutas - Frutã - localizada no município de Jaguaribe, Ceará. Para tal objetivo, será necessário analisar o cenário industrial no qual a fábrica apresenta antes das intervenções propostas através do cálculo do OEE. Após essa análise, será sugerido um planejamento e controle da manutenção. Uma vez implantado, faz-se necessário uma análise do comportamento das máquinas através do monitoramento dos índices que foram previamente encontrados, almejando no fim da experiência uma maior disponibilidade de equipamentos e um aumento de produtividade, trazendo um acréscimo de competitividade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Classificar os equipamentos quanto à importância dentro do sistema de produção;
- b) Calcular OEE inicial e após intervenções dos equipamentos da cadeia de produção;
- c) Definir a forma e a frequência de manutenção para cada equipamento;
- d) Verificar a eficácia do plano e realizar correções, se necessário;
- e) Implantar um planejamento e controle da manutenção na empresa em questão almejando uma melhor performance industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É de comum conhecimento que os sistemas de produção industriais são constituídos por uma série de equipamentos que estão sujeitos à deterioração durante o seu tempo de uso. Esse processo pode ocasionar um maior custo de produção, uma menor qualidade bem como maiores riscos de acidente (DOHI, et al., 2001). Um plano de manutenção eficaz pode diminuir ou retardar essa deterioração.

No cenário industrial atual, a manutenção está se tornando mais importante, uma vez que as empresas estão usando-a como ferramenta de competitividade para manter seus produtos com maior qualidade e prolongar a vida útil de seus equipamentos, trazendo, portanto, um maior retorno do investimento fabril (SHARMA, et al., 2011).

2.1 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Existem inúmeras definições aplicáveis à manutenção. De acordo com a Associação Francesa de Normalização (AFNOR), norma AFNOR NF 60-010, “manutenção é o conjunto de ações que permitem restabelecer um bem para seu estado específico ou medidas para garantir um serviço denominado”. Já a referência normativa NBR 5462/1994 no item 2.81 define manutenção como “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida”.

Kardec e Nascif (2009) afirmam que além de executar sua função, a manutenção deve garantir a confiabilidade e disponibilidade do item físico ou instalação, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio-ambiente e com custos adequados, sendo essa a missão da manutenção.

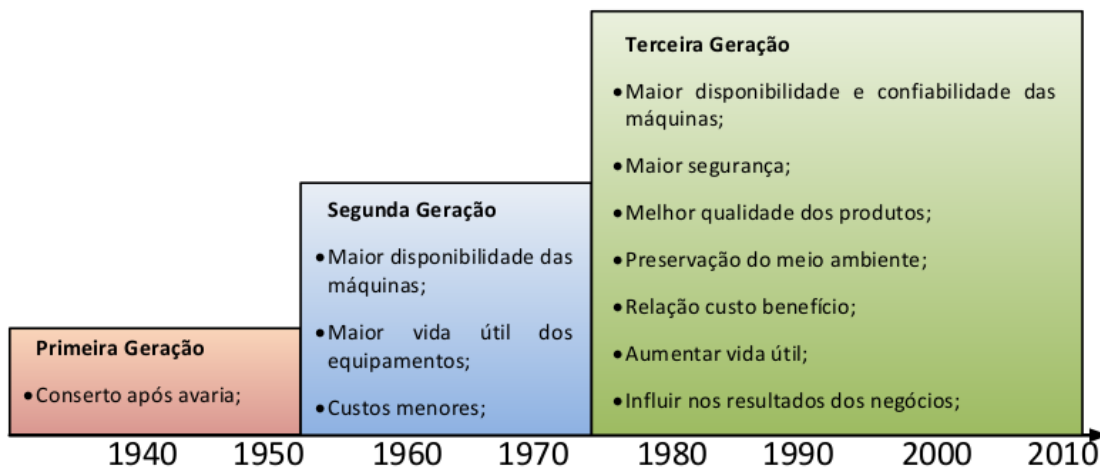
A manutenção não atua somente em máquinas e equipamentos que estão em operação; atua também no desenvolvimento do projeto da máquina (ALMEIDA, 2015).

Como é possível observar, manutenção é definida de diferentes maneiras, seja por órgãos certificadores, normalizadores ou autores. No entanto, é possível identificar que em todas as definições, o bom funcionamento das máquinas e equipamentos é enfatizado bem como a segurança do trabalho e o cuidado com o meio ambiente.

2.2 AS GERAÇÕES DA MANUTENÇÃO

Moubray (1997) e Siqueira (2009) dividem a evolução da manutenção em três gerações distintas, onde cada geração corresponde a um período tecnológico de produção, resultando em novos conceitos, filosofias e atividades de manutenção. A figura 1 apresenta as três gerações da manutenção e o enfoque de cada um

Figura 1 – Evolução temporal da manutenção



Fonte: MOUBRAY, John (1997, pg.7)

PRIMEIRA GERAÇÃO

A primeira geração estende-se até a Segunda Guerra Mundial, caracterizada por uma indústria altamente mecanizada, com sistemas simples e de capacidade superdimensionada, onde o desempenho não era um fator crucial, permitindo tempos inativos do sistema. Como consequência, as atividades de manutenção se resumiam a corretivas executadas após uma falha ou defeito e rotinas operacionais como atividades de limpeza, controle e lubrificação (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009).

SEGUNDA GERAÇÃO

A segunda era teve início no pós-guerra, época que o mercado tinha uma alta demanda por produtos e escassez de mão de obra qualificada. Com esse cenário, a mecanização dos

processos de produção cresceu consideravelmente, principalmente com o crescente uso de linhas de produção contínuas, que usam máquinas mais complexas e numerosas, que porventura aumentam o custo de manutenção (MOUBRAY, 1997).

Estes fatores criaram uma expectativa em relação ao desempenho das máquinas, evidenciando a necessidade de garantir sua confiabilidade e disponibilidade, visando atender a demanda de produção e diminuir os custos operacionais decorrente das falhas (KARDEC e NASFIC, 2009).

É na segunda geração que surge a ideia de antecipar a ocorrência de uma falha, através de revisões gerais com uma periodicidade determinada, surgindo o conceito de manutenção preventiva ou Manutenção Baseada no Tempo (TBM). Outra contribuição dessa geração foi o início de pesquisas científicas no desenvolvimento de técnicas de manutenção baseadas na disponibilidade e desempenho do equipamento, conhecida como Manutenção Baseada em Condições (CBM) ou manutenção preditiva (RAPOSO, 2004; SIQUEIRA, 2009).

TERCEIRA GERAÇÃO

A partir da década de 70, as técnicas de manutenção oriundas da primeira e segunda geração, mostram-se pouco eficientes frente às novas exigências dos processos de produção, e da automação ocorrida nas indústrias. A utilização do sistema “just-in-time”, onde se trabalha sempre com o menor estoque possível, agravou as consequências que uma falha poderia causar sobre toda a produção (KARDEC e NASCIF, 2009; MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009).

Conforme Moubray (1997) nessa geração os sistemas começaram a ser projetados para trabalhar com uma maior precisão, sendo dimensionados nos limites operacionais, aumentando a importância da disponibilidade e confiabilidade, visando elevar o padrão de produtividade e de qualidade.

Siqueira (2009) observa que com a automação, aumentou-se a possibilidade de ocorrer uma falha ou defeito, em razão à introdução de novas tecnologias.

Shenoy e Bhadury (2005) afirmam que para fazer jus a essas expectativas, exigiu-se da manutenção um desenvolvimento visando garantir que os equipamentos continuarão a desempenhar as suas funções a um gasto mínimo de recursos.

Moubray (1997) cita três fatores principais para o surgimento da terceira geração: (i) novas expectativas dos equipamentos, (ii) novas pesquisas e (iii) novas ferramentas e técnicas de manutenção.

Uma vez que as empresas possuíam a maturidade dos conceitos e aplicações das ações de manutenção, iniciam a adoção de uma estrutura para desenvolvimento do conjunto de ferramentas utilizadas, com objetivo de gerir e operar a manutenção sob um sistema organizado, culminando no surgimento das metodologias de manutenção: Reliability Centered Maintenance (RCM) na indústria aeronáutica americana, Total Productive Maintenance (TPM) no Japão, Terotecnologia na Inglaterra e combinação destas técnicas (KARDEC e NASFIC, 2009; MOUBRAY, 1997).

Sendo assim, podemos considerar a terceira geração como um amadurecimento das gerações anteriores juntamente com a agregação de novas tecnologias e ferramentas de gestão que permitiram um processo de manutenção mais eficiente para a nova geração de equipamentos e sistemas de produção das indústrias modernas.

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Tradicionalmente a classificação da manutenção é realizada em função da forma de planejamento das atividades e em função dos objetivos do método de manutenção aplicado (SIQUEIRA; 2009). Com relação ao planejamento, a manutenção pode ser realizada de forma planejada, executada sob um tempo e condições pré-estabelecidas, ou de forma não planejada, em função da necessidade. (FILHO, 2008; SIQUEIRA; 2009).

Assim como as máquinas, as ferramentas, os materiais e a tecnologia evoluíram desde o surgimento da mecanização, industrialização e automatização. A manutenção, por sua vez, também evoluiu no que se refere aos procedimentos práticos de montagem, desmontagem, substituição de peças, entre outros. Também houve progresso na administração da manutenção e nos tipos de manutenção que atendessem a cada geração industrial (ALMEIDA, 2015):

1. Corretiva;
2. Preventiva;
3. Preditiva;
4. Manutenção Produtiva Total - TPM

2.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

De acordo com a NBR 5462/1994, manutenção corretiva é aquela efetuada após a ocorrência de uma pane e é destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Filho (2008) divide a manutenção corretiva em duas classes: corretiva planejada ou corretiva não planejada ou de emergência;

2.3.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA

Esse tipo de manutenção é caracterizado pela atuação das equipes de manutenção em fatos que já ocorreram, sejam estes fatos desempenhos inferiores ao almejado ou uma falha. Não há tempo para a preparação de componentes e nem de planejar o serviço; isto é, manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de modo aleatório a fim de evitar outras consequências (WILLIANS, 1994 apud CASTELLA, 2001).

Sendo assim, esse procedimento pode possuir um menor custo de manutenção do que prevenir falhas nos equipamentos, no entanto, um prejuízo muito maior pode acontecer devido às paradas não programadas e repentinas no processo de produção.

2.3.1.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA

Nesse caso, o equipamento possui uma falha ou opera em condição anormal e o seu reparo depende de decisão gerencial. A decisão pode ser planejar uma parada para reparo ou operar até a quebra. Muitas vezes, a primeira opção é colocada em prática, visto que pode ser planejado junto com o processo de produção sem causar maiores prejuízos.

A utilização da manutenção corretiva é aceitável em casos onde a falha do equipamento não envolve riscos de segurança ou ao meio ambiente, onde seu custo é inferior a outros métodos de manutenção ou em casos de peças ou equipamentos sobressalentes (BRANCO, 2008; KARDEC e NASCIF, 2009).

2.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A NBR-5462 (1994) define como manutenção preventiva a atividade efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Sendo assim, o intuito da manutenção preventiva é identificar e corrigir possíveis falhas e defeitos antes mesmo de sua ocorrência, sendo todas as ações de reparo realizadas quando o sistema ainda apresenta característica operacional (FILHO, 2008).

Para a implantação desse sistema, é necessário ter uma previsão da vida útil das peças, que pode ser obtido através de registros de manutenção da empresa juntamente com dados do fabricante (ALMEIDA, 2015).

Algumas vezes, esse modelo pode encontrar resistência perante a direção da empresa, visto que um orçamento é requerido para compra de peças de equipamentos que ainda estão operantes. Cabe ao setor analisar se é necessário e exemplificar os benefícios com a melhora de produtividade dos dispositivos e menos falhas repentinas no processo (VERRI, 2012).

2.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Grande parte dos componentes apresentam algum sintoma antes da ocorrência de uma falha. Esses sintomas podem representar necessidade de manutenção (Papic et. al, 2009). Moubray (1997) acrescenta que esse modelo de manutenção se baseia na previsibilidade de deterioração do equipamento, prevenindo falhas através do monitoramento dos principais parâmetros.

Usualmente, os dados são coletados através de ensaios em campo que não interferem a operação: análises de óleo, termografia, análise de ultrassom e vibrações. Com esses dados, é feita uma análise probabilística e determina-se o estado dos componentes.

2.3.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Venkatesh (2003) afirma que a TPM é um conceito inovador japonês e seu início é considerado em meados de 1951 quando o conceito de manutenção preventiva foi chegou ao Japão. Seu principal objetivo é a aperfeiçoar a estrutura da empresa tanto em aspectos materiais

(máquinas, ferramentas, matéria-prima e produtos) como em aspectos humanos (capacitações pessoais envolvendo habilidades, atitudes e bem estar) (Almeida, 2015).

O propósito da TPM é construir mecanismos para evitar as perdas no local de trabalho, tendo como objetivo o ciclo de vida útil do sistema de produção (Bormio, 2000).

As melhorias propostas pela metodologia TPM abrangem toda a corporação e, muitas vezes, torna-se necessário uma mudança cultural e comportamental por todos aqueles que fazem parte da empresa. Usualmente, resistência é encontrada na sua implantação, mas empresas que conseguem trabalhar com essa modalidade apresentam um maior índice de eficiência (Bormio, 2000).

2.4 OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY - OEE

O Overall Equipment Efficiency (OEE) teve sua origem no TPM e é um indicador de desempenho utilizado para medir a eficiência de um equipamento ou conjunto deles (RAPOSO, 2004). Dessa forma, é possível observar qual aspecto o equipamento possui menor eficiência e uma melhoria faz-se necessária.

O OEE é o resultado de três índices distintos de um equipamento: disponibilidade, performance e qualidade.

$$OEE(\%) = ID(\%) \times IP(\%) \times IQ(\%) \quad (1)$$

Onde:

ID = Índice de Disponibilidade - Contabiliza as perdas de disponibilidade do equipamento, tais como setup, paradas por quebra, ajustes e limpeza. O resultado é a relação entre o tempo que a máquina ficou realmente produzindo e o tempo planejado para produzir.

IP = Índice de Performance - Faz a comparação entre a quantidade produzida em determinado espaço de tempo e a quantidade teórica que poderia ter sido produzido nesse mesmo intervalo de tempo sem considerar a qualidade das peças.

IQ = Índice de Qualidade - Relaciona a quantidade de peças boas e a quantidade de peças produzidas somando boas e refugos. As peças que sofrem retrabalhos para atender a especificação não podem ser consideradas boas.

A figura a seguir exemplifica um cálculo de OEE:

Figura 2 – Cálculo de OEE

		Tempo Total					
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B / A	A	Tempo programado para produzir		Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário não planejado	Horário não alocado
		B	Tempo produzindo				
	Performance = D / C	C	Produção Teórica		As Grandes Perdas de Produção	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
		D	Produção Real	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas			
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins				
		F	Boas	Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção			

Fonte: oee.com.br/como_calcular_oe/ acesso em 05/2019.

Nakajima (1989) afirma que o índice ideal de OEE deve ser acima de 85%. Para isto, é necessário que os valores de cada índice sejam ao menos: Disponibilidade = 90%, Performance = 95% e Qualidade = 99%.

A figura 2 possui um campo designado horário não planejado. Essa faixa de tempo é o período no qual a fábrica está aberta, mas não há produção planejada para este horário. Com o intuito de aumentar a disponibilidade, é recomendado coordenar com a produção que a manutenção ocorra nesse período de tempo.

3 METODOLOGIA

Diferente do que costuma ser usual em grande parte de trabalhos acadêmicos, a metodologia do trabalho em questão não se encontra dividida em tópicos, visto que ocorre uma interseção entre as áreas e uma divisão poderia dificultar seu pleno entendimento.

O desenvolvimento do presente trabalho deu-se em um estágio supervisionado realizado na empresa de razão social Agroindústria de Frutas Tropicais Diógenes LTDA e nome fantasia Frutã. A empresa processa polpas de frutas congeladas e sucos concentrados. A instalação possui cerca de 3600m².

A empresa trabalha em fluxo contínuo, ou seja, quando as frutas chegam na instalação, são processadas e congeladas no mesmo dia para evitar perda de produto, visto que polpa de fruta é um produto perecível e deve ser congelada em embalagem apropriada o mais rápido possível.

Ao iniciar atividades na empresa supracitada, foi verificado que a instalação não possuía um setor de manutenção com gerenciamento. O método que era adotado pela empresa predominantemente manutenção corretiva e dois funcionários eram responsáveis por realizá-las.

Tal situação gerava dois principais problemas: atraso na linha de produção e perda de matéria prima e/ou produto semielaborado. Frequentemente, a peça necessária para reparo não era encontrada na cidade, ocasionando um atraso ainda maior do que o previsto.

A tarefa inicial foi estratificar as paradas com o intuito de descobrir a causa do problema bem como localizar pontos críticos. Para facilitar essa tarefa, os setores da fábrica foram divididos por cores de acordo com a zona na qual estavam localizados: zona azul para equipamentos internos e a verde para equipamentos externos.

A zona azul, que compreende todos os equipamentos que ficam instalados dentro da área de produção industrial, abrange os 5 setores da fábrica: recepção e seleção, processamento/extração, envase, embalagem e armazenamento/expedição. Já a zona verde engloba os equipamentos de maior porte, instalados na área externa, que são imprescindíveis para o funcionamento daqueles localizados na zona azul.

Além da divisão por zonas, todos os equipamentos da fábrica foram catalogados e identificados com um número distinto. Isso deu-se com o intuito de gerenciar e planejar a manutenção específica para cada caso, já que também foi feita a classificação quanto à importância do dispositivo para a linha de fabricação. A classificação adotada foi:

- A - Equipamentos altamente críticos;
- B - Equipamentos moderadamente críticos;
- C - Equipamentos de baixa criticidade no processo.

Para definir em qual dessas três categorias cada dispositivo se adequa, foi utilizado o diagrama para definir criticidade de equipamentos, que pode ser consultado no, que abrange 6 campos descritos em ordem de relevância: segurança e meio ambiente, qualidade e produtividade, oportunidade de produção, taxa de ocupação, frequência de quebra e manutenibilidade.

Analisando o que a falha do equipamento acarreta a cada um dos seis campos, é possível chegar à classificação final. A classificação obtida pelos dispositivos da empresa foi:

Equipamentos com classificação A (máquinas com alta criticidade):

Despolpadeiras, bomba do pasteurizador, pasteurizador, linha de vapor do pasteurizador, evaporadores de câmara frigorífica, caldeira, compressores de ar, unidade condensadoras, bomba da caldeira e bomba do banco de gelo.

Equipamentos com classificação B (máquinas com média criticidade):

Esteira de despolpadeira, bomba de preparo, tanque de resfriamento, bomba dosadora, motor de arraste de bobina, envasadora, gerador de energia e bomba da cisterna.

Equipamentos com classificação C (máquinas com baixa criticidade):

Condicionadores de ar, computadores, impressoras, mesas de inox, prensa de frutas, descascador de abacaxi, tanque de despolpadeira, homogeneizador de envasadora, seladora de fardo, datador e paleteiras.

Para a equipamentos com classificação A, foi adotado manutenção preditiva e preventiva, para nota B manutenção preventiva e para os que obtiveram classificação C, a manutenção corretiva foi adotada, visto que a falha desses dispositivos não acarreta grandes impactos no processo, não costumam falhar com frequência e o custo de reparação é baixo. No entanto, mesmo os equipamentos classe C sofrem inspeções e limpezas periódicas.

Uma vez classificados, fez-se necessário calcular o OEE dos equipamentos com classificação A e B. Sabe-se esse indicador é calculado a partir do produto dos índices de Disponibilidade do Equipamento - ID, Performance Operacional - IP e Qualidade dos produtos - IQ.

$$OEE(\%) = ID(\%) \times IP(\%) \times IQ(\%) \quad (2)$$

Durante o cálculo de produção teórica desse indicador, fez-se necessário dividir o processo de extração de frutos em quatro grupos distintos: Categoria I, Categoria II e Categoria III e Categoria IV.

Essa medida ocorreu porque a empresa trabalha com 16 frutas distintas que possuem diferentes rendimentos, ou seja, a mesma quantidade de matéria prima resultará em uma quantidade diferente de polpa de fruta. Foi estabelecido que a Categoria I compreendia frutas com rendimento superior a 85%, a Categoria II aquelas com rendimento entre 70% e 84%, a Categoria III aquelas entre 55% e 69% e, por fim, a Categoria IV para aquelas com rendimento menor do que 54%.

Usando relatórios de processamento da empresa Frutã dos últimos dois anos, foi observado que as frutas tendem a ter um rendimento similar em processos distintos. Sendo assim, foi usado o rendimento médio obtido durante o período registrado para definir as categorias. A caracterização obtida pode ser encontrada na tabela abaixo.

Quadro 1 – Divisão de Frutas por categoria

Categoria I	Acerola, Goiaba, Graviola, Morango, Cupuaçu, Açaí e Tamarindo
Categoria II	Caju, Cajá, Cajá-Umbu, Tangerina, Uva e Manga
Categoria III	Abacaxi e Mamão
Categoria IV	Maracujá

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores considerados para cada categoria foi o limite inferior de cada intervalo. Como somente o maracujá se enquadrava na categoria IV, o rendimento foi o médio da fruta obtido na empresa - 38%.

O único equipamento que precisa da adoção das categorias é a despulpadeira 1, visto que, após a extração do suco, todos os produtos semiacabados assumem mesma densidade. A capacidade de produção máxima teórica dessa máquina é 2500 kg de polpa por hora. Sendo assim, foi adotado essa capacidade para a categoria I e foi calculado para as demais categorias considerando o rendimento citado anteriormente. O resultado para as categorias II, III e IV são, respectivamente 2050 kg/h, 1600 kg/h e 1100 kg/h.

Já no setor de envase o turno de produção contabilizado é de 450 minutos, destinando 30 minutos somente para a limpeza final. Esse fenômeno é sugerido pelo departamento de qualidade para evitar higienizações de má qualidade em prol da produtividade. Somente o setor de envase

tem essa medida porque é o único setor no qual o produto é pasteurizado e ainda pode ter contato com o ar ambiente.

Além disso, a capacidade de produção teórica por máquina de envase é de 4 kg/min se a embalagem for 100 gramas. As cinco máquinas possuem capacidade de fabricar produtos entre 100 e 1000 gramas. Quando se opta pelo peso máximo, a capacidade de fabricação passa para 8 kg por minuto. Entretanto, como cerca de 90% da produção é envasada em pacotes de 100 gramas, esse foi o padrão utilizado.

Os setores da produção acompanhados pelo índice OEE são extração e envase. Ainda assim, um fato a ser considerado no setor de extração é que a qualidade foi considerada sempre 100%, visto que esse processo não gera refugo de produção.

Os demais equipamentos como câmaras frigoríficas, bancos de água gelada, compressores de ar, grupo gerador e bombas não foram acompanhados com esse índice, visto que não são equipamentos de produção e poderia passar uma falsa impressão de eficiência. Para esses casos, foram criados formulários de inspeção e acompanhamento diário, sendo registrado a taxa de falhas. Essa taxa de falhas será comparada com a taxa de reposição de equipamentos que a empresa possui no histórico dos últimos dois anos.

Em seguida, foi realizada uma análise do setor que ocasionava maior prejuízo financeiro no caso de uma falha. Foi visto que os equipamentos da área externa - zona verde - era a mais crítica. Por ser constituída de caldeiras, compressores de ar, unidades condensadoras, grupo gerador e bombas de água, essa unidade se torna indispensável para o funcionamento da empresa. Além disso, uma parada da cadeia de compressores de ar, por exemplo, pode causar uma parada total da fábrica, visto que os a maioria dos equipamentos de produção são pneumáticos.

Um plano de ação rápida foi traçado para esta zona, contratando uma empresa terceirizada para realizar a manutenção preventiva e o treinamento da equipe local para realizar inspeção dessa área diariamente. Essa equipe esteve presente na fábrica até a implantação do plano de manutenção e da capacitação do setor de manutenção da própria empresa.

Ainda nessa mesma zona, foram elaborados formulários de inspeção e monitoramento para cada equipamento. O objetivo dessa atividade era gerar parâmetros de operação, já que não era realizado nenhum tipo de monitoramento. Uma vez que há parâmetros considerados normais, é possível identificar quando um dispositivo está operando de forma inadequada ou com menor eficiência antes mesmo de sua falha. Esses formulários podem ser encontrados no apêndice E.

Paralelamente, foi diagnosticado que a cadeia de produção não estava funcionando de forma contínua como previsto, pois um setor, embora projetado para isso, não estava cumprindo a tarefa de suprir a demanda do setor anterior, ocasionando “gargalos” de produção. Devido a isso, foi realizado um estudo de criticidade para analisar qual setor estava com maior necessidade de intervenção.

Após esse estudo de criticidade, foi diagnosticado que o setor de envase era o ponto crítico que causava maiores atrasos e retenções na cadeia de produção (gargalo de produção). Por esse motivo, foi gerado um formulário - chamado diário de máquina - para cada equipamento. Os respectivos operadores foram instruídos a preencher todas as paradas, tempo de duração e motivo de parada. Uma vez que a parada requeresse a presença da equipe de manutenção, esta foi instruída a preencher o relatório de ordem de serviço. Tal procedimento foi instituído para calcular qual era o problema mais frequente em cada equipamento, o tempo de reparo para cada situação bem como o índice de retrabalho.

Os diários de máquina foram pensados para que fossem preenchidos de uma forma simples e rápida. Para tal, foram criados códigos para cada possível motivo que pudesse ocasionar uma parada de máquina. Além das paradas, também é registrado o número de embalagens envasadas que são registrados no painel da máquina e o peso do produto não conforme. Um produto é considerado não conforme quando a embalagem não está devidamente selada ou quando está com peso líquido fora do limite de tolerância estabelecido por lei. O diário de máquina usado para o presente trabalho pode ser encontrado no Apêndice D.

Estes formulários são analisados diariamente com o intuito de identificar paradas anormais e possíveis intervenções que poderiam reduzir as paradas inesperadas.

O plano de manutenção preventiva e preditiva foi instaurado usando sugestões do fabricante para os equipamentos e a análise de recorrência de falhas registradas na planta.

A metodologia usada na manutenção preditiva foi elaborada durante o processo de implantação do plano de manutenção. Só foi possível incluir análises térmicas devido aos custos envolvidos. Como não haviam parâmetros de operação, as máquinas eram analisadas todos os dias a fim de encontrar um padrão térmico de operação. Foi observado que, na grande parte dos equipamentos, após um determinado tempo em uso contínuo a temperatura de operação se estabilizava, no entanto, quando uma falha estava próxima de ocorrer, essa temperatura se elevava, ficando fora da faixa de temperatura aceitável. Esse comportamento foi observado em

três ocasiões diferentes e foi adotado que, quando houvesse uma variação da faixa de temperatura considerada normal, a máquina deveria passar pela manutenção antes da falha acontecer. Tal procedimento evita paradas repentinas durante um processo de produto perecível e permite que a manutenção ocorra em horário planejado com a produção.

Quadro 2 – Faixa de temperatura de trabalho aceitável por equipamento

Equipamento	Temperatura máxima admitida (°C)	Tempo mínimo em operação para realizar medição (min)
Rolamentos Despolpadeira 01	75	120
Ventiladores dos condensadores	60	Uso Contínuo
Compressores dos condensadores	55	Uso Contínuo
Motoredutor até 3cv	70	120
Motoredutor de acima de 3cv	80	120
Bombas Positivas	60	60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a implementação do plano, que pode ser consultado no Apêndice A, reuniões eram ministradas quinzenalmente para analisar o desempenho das medidas de manutenção adotadas bem como revisão das mesmas. O plano foi retroalimentado nesses encontros de forma a gerar possíveis modificações de aperfeiçoamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já foi citado, um dos primeiros procedimentos realizados foi a obtenção de índices para ajudar no monitoramento e caracterização das instalações da empresa - o OEE. Os resultados obtidos para as máquinas do setor de extração e de envase podem ser encontrados abaixo. O memorial descritivo dos cálculos iniciais pode ser encontrado no Anexo B.

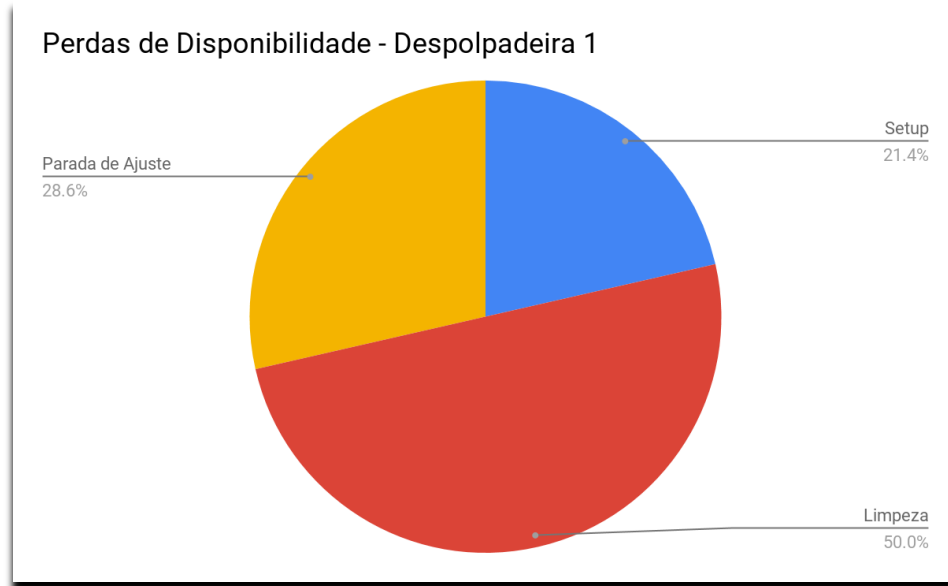
Quadro 3 – Índices OEE iniciais do setor de extração

Índice	Despolpadeira a 1 classe I	Despolpadeira 1 classe II e III	Despolpadeira 1 classe IV	Despolpadeira 2 - Refinador	Pasteurizador
Disponibilidade	56%	56%	56%	84%	85,7%
Performance	84%	86%	81%	70%	79,16%
Qualidade	100%	100%	100%	100%	100%
OEE	47.04%	48,16%	45,36%	58,8%	67,84%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado, o índice qualidade considerado foi de 100% para todo o setor. Isso se dá ao fato de o processo de extração não gerar refugo, ou seja, tudo que é extraído pela máquina é aproveitado. Ainda assim, é possível afirmar que os valores obtidos estão consideravelmente abaixo do ideal - 85%.

Como o índice de disponibilidade da despolpadeira 1 teve um resultado crítico, uma estudo mais detalhado foi realizado e constatou-se que os dois maiores problemas é o setup e a limpeza, uma vez que as máquinas possuem montagem e desmontagem demorados e custosos. O gráfico abaixo exemplifica esse aspecto.

Gráfico 1 – Paradas de disponibilidade da despoldadeira 01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como a despoldadeira 2 e o pasteurizador dependem diretamente da despoldadeira 1 para seu funcionamento, o indicador dessas máquinas também foi prejudicado por ser reação em cadeia. Todas as demais paradas e considerações feitas em todos os equipamentos estão descritas no apêndice B.

Para o setor de envase, os resultados obtidos podem ser encontrados abaixo.

Quadro 4 – Índices de OEE iniciais para o setor de envase

Índice	Maq. 1	Máq. 2	Máq. 3	Máq. 4	Máq. 5
Disponibilidade	90%	88%	83%	89%	89%
Performance	82,8%	86,7%	83,3%	66,7%	75%
Qualidade	99,5%	99,8%	96%	99,7%	99,8%
OEE	82,3%	82,9%	75,7%	66,4%	74,9%

Fonte: Elaborado pelo autor.

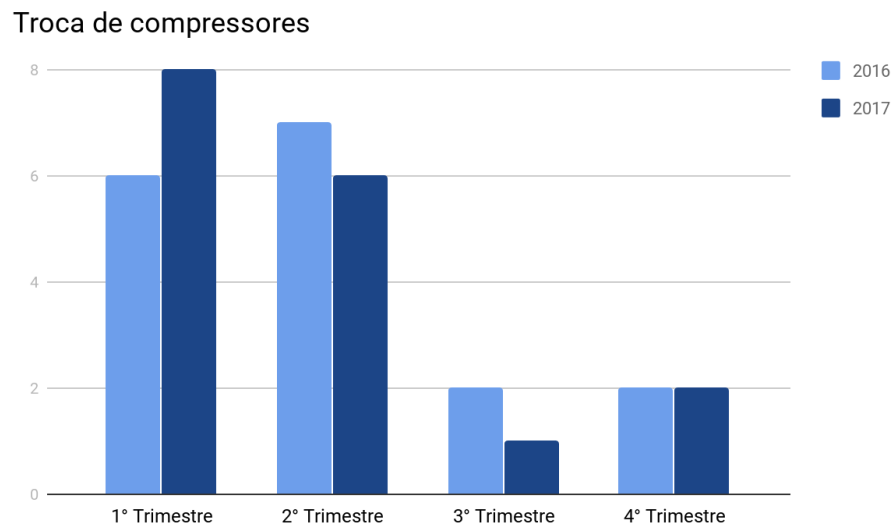
É possível notar uma discrepância entre as máquinas. Esse fato não deveria acontecer, visto que os 5 equipamentos têm o mesmo fabricante e operam sob as mesmas condições. Nesse cenário, é possível constatar que as máquinas 3, 4 e 5 precisam de intervenção.

Em seguida, foi necessário buscar um histórico dos equipamentos que não são abordados pelo OEE.

O mais crítico e com maior número de falhas é a unidade condensadora das câmaras frigoríficas e banco de gelo. A empresa detém 13 unidades do mesmo fabricante. O modelo em questão é dotado de um compressor hermético e sem reparo, ou seja, uma vez que haja falha, é necessário a troca.

O histórico realizado de dois anos anteriores apontou que o compressor estava durando, em média, 9 meses, um tempo muito inferior aos 2,5 anos informado pelo fabricante. O gráfico abaixo mostra a taxa de troca de compressores ao longo dos trimestres de 2016 e 2017.

Gráfico 2 – Taxa de troca de compressores em unidades



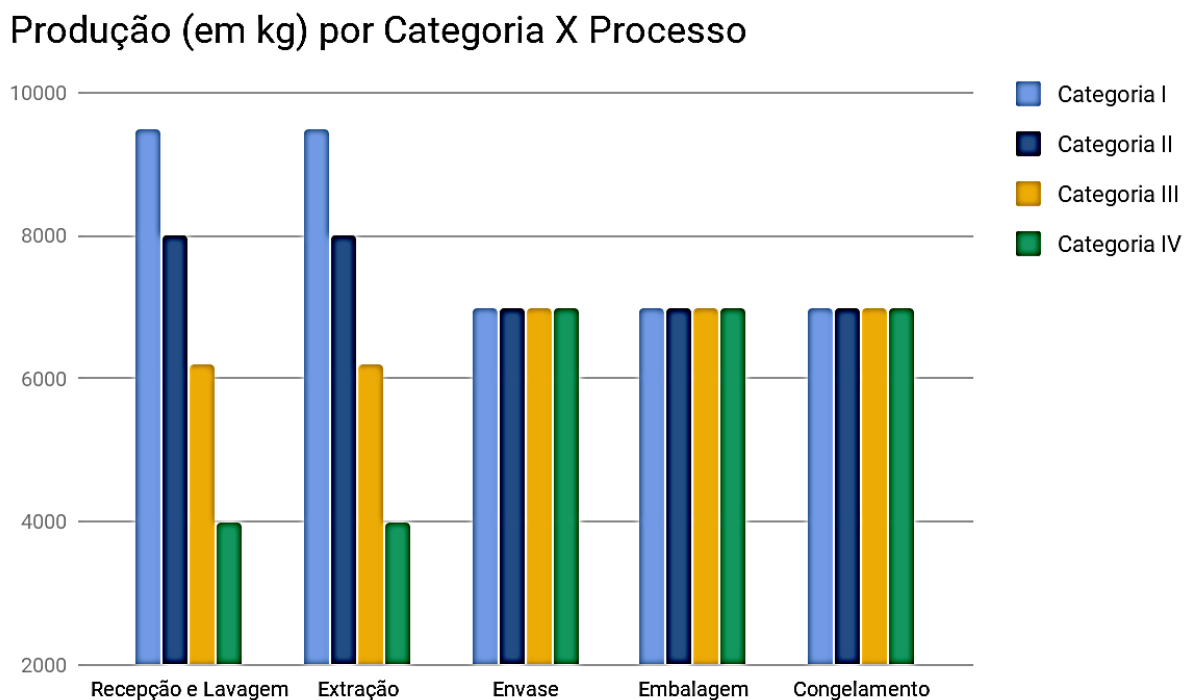
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar, a taxa de falha durante os dois primeiros trimestres do ano foi significativamente maior, o que levou o caso para uma análise. Acreditou-se que uma das possíveis causas desse fenômeno foi a oscilação de energia elétrica e o aumento das descargas elétricas durante o período chuvoso. Uma equipe terceirizada foi contratada para revisar o esquema elétrico e monitorar a área.

Os demais equipamentos como compressores de ar, gerador de energia, caldeiras e bombas não foi possível obter um histórico, pois os dispositivos são novos e não apresentaram falhas. Para essas máquinas, a manutenção preventiva de acordo com a sugestão do fabricante sempre foi cumprida.

O último resultado obtido no que diz respeito ao cenário inicial da planta, foi a performance real que a fábrica estava desempenhando em todos os setores, tendo em vista que foi pontuado pela produção que um setor não estava conseguindo suprir o subsequente. O gráfico abaixo demonstra a produção média de cada setor considerando as quatro categorias de frutas.

Gráfico 3 – Produção inicial real (em kg) por setor e por categoria em cada processo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar, o setor envase não conseguia suprir a demanda dos setores anteriores para as categorias I e II, que compreende 13 das 16 frutas usadas. Esse foi um ponto crítico apontado pela engenharia, visto que mesmo o envase possuindo um OEE significativamente maior do que o de extração, a demanda não era atendida, o que ocasionava prejuízos, já que a polpa sem estar em embalagem apropriada está sujeita a um elevado índice de

deterioração. De toda forma, o procedimento padrão era armazenar o produto não envasado em câmaras apropriadas até o dia de processamento da fruta de categoria III e IV e usar a capacidade ociosa do envase para finalizar o envase dos produtos anteriores. Por esse motivo, a produção do envase e embalagem para as categorias III e IV são maiores do que a extração, mas é importante destacar que parte dessa produção não pertence à categoria.

Os setores de recepção e lavagem e embalagem são majoritariamente manuais, dependendo somente do acréscimo de pessoas para aumentar a capacidade. Sendo assim, por motivos de corte de custos, a produção ajustava esses dois setores para atender a demanda do seu primeiro subsequente.

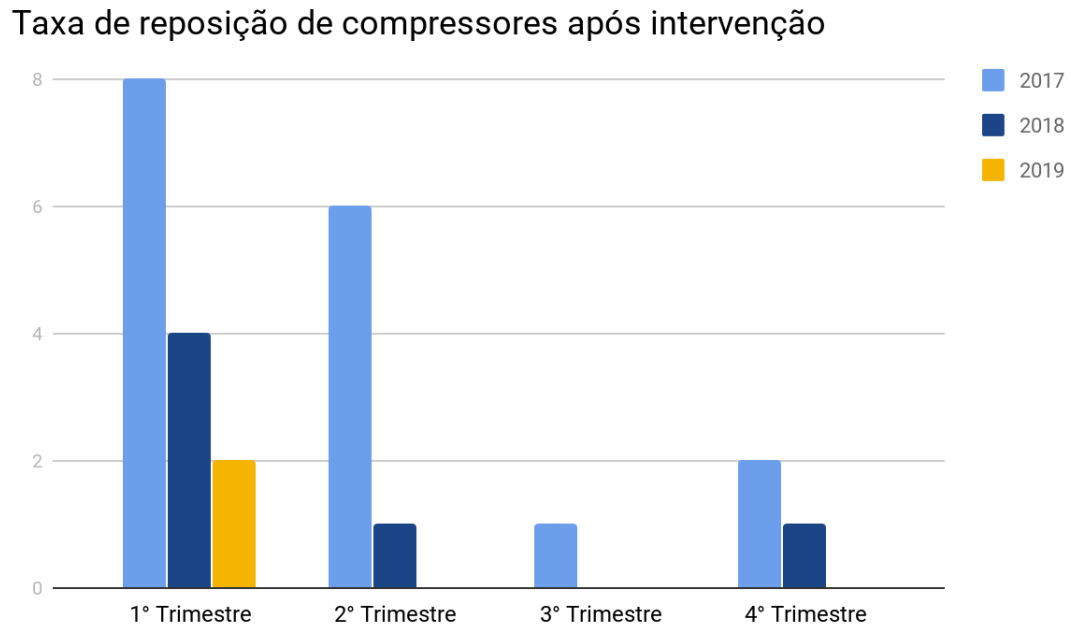
Já o setor de congelamento depende somente da capacidade de refrigeração das máquinas. A capacidade de congelamento por turno é de 13500 kg e a taxa mostrada no gráfico 3 corresponde a produção do setor de envase, já que era o que possuía para ser congelado. Essa ociosidade foi vista com bons olhos, já que permite um congelamento em velocidade mais acelerada do que o previsto, o que acaba trazendo uma maior qualidade ao produto e uma redução no consumo de energia elétrica, além do fato de já estar pronto para um crescimento caso a linha de produção aumente sua eficiência.

O plano de manutenção - que pode ser encontrado no Apêndice A - foi colocado em prática em sua totalidade a partir de Maio de 2018. Alguns resultados foram obtidos em prazos muito curtos, como, por exemplo, a taxa de reposição dos compressores.

Como fora citado anteriormente, havia uma suspeita que a instabilidade da rede elétrica poderia estar causando o problema. Após uma inspeção por uma equipe de engenheiros eletricitas, foi diagnosticado que nenhum quadro elétrico das unidades condensadoras estava com dispositivos dimensionados corretamente. A falta de mão de obra especializada na cidade fez com que a manutenção prestada fosse de má qualidade. Para solucionar, um novo dimensionamento foi realizado e os quadros foram substituídos. Além disso, a manutenção preventiva de troca de óleo sugerida pelo fabricante não era realizada.

Após o redimensionamento dos quadros elétricos e da troca de óleo, a taxa de troca caiu drasticamente, conforme demonstrado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Comparativo de troca de compressores (em unidades) após intervenções



Fonte: Autor.

Como é possível observar, a redução foi drástica. Dessas 4 unidades que foram trocadas no primeiro trimestre de 2018, apenas uma foi após as medidas tomadas pelo setor de manutenção.

Cada unidade custa, em média, R\$ 9.800,00. Dessa forma, em 2016 e 2017 a empresa aportou, por ano, um montante de R\$ 166.600,00 somente em compra de novos equipamentos, sem contabilizar mão de obra, gás refrigerante e possíveis perdas de produtos. Comparando com 2018, houve uma economia de R\$ 107.800,00 ao longo do ano somente com compra de compra de novos compressores, uma redução de aproximadamente 64,7%.

Esse monitoramento continua sendo realizado na empresa. Até a data de término do presente relatório, somente o primeiro trimestre de 2019 tinha sido contabilizado.

Como fora citado acima, o OEE do setor de extração ficou em um nível insatisfatório. Um dos focos, antes mesmo de implantar o plano de manutenção em sua totalidade, foi melhorar o índice de disponibilidade dos equipamentos. Sabendo que as maiores perdas de disponibilidade são setup e limpeza, foi feita uma análise de campo para visualizar aperfeiçoamentos. Uma grande perca eram os longos parafusos e porcas de fixação que tornavam o processo lento para montar e desmontar. Com a substituição de alguns desses mecanismos e a redução do tamanho

dos prisioneiros, foi possível uma redução considerável das perdas de disponibilidade, reduzindo de 210 minutos para 165 em cada turno de 8 horas.

Outra medida tomada para melhorar a disponibilidade foi reduzir as paradas de ajuste durante o processo. Foi observado que a máquina parava algumas vezes para ajustar as escovas rotativas de extração, que quando estão com folga perdem rendimento. Um reforço do método de fixação das escovas foi providenciado e o tempo de parada para ajuste foi reduzido de 60 para 45 minutos por turno.

O quadro 5 demonstra os resultados obtidos em novembro de 2018, 6 meses após a implantação do plano de manutenção sugerido. Os cálculos detalhados podem ser consultados no Apêndice C.

Quadro 5 – Índice OEE final para a despoldadeira 01

Despoldadeira 01				
Índice	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Disponibilidade	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%
Performance	85,9%	87,8%	85,7%	83,1%
Qualidade	100%	100%	100%	100%
OEE	56,4%	57,6%	56,2%	54,5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Índice OEE final para o refinador e o pasteurizador

Índice	Refinador	Pasteurizador
Disponibilidade	84,4%	85,7%
Performance	84,4%	95%
Qualidade	100%	100%
OEE	71,2%	81,4%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes mesmo de completar seis meses de implantação e alcançar o resultado explicitado na tabela acima, a capacidade produtiva do setor de extração ficou, para a grande maioria das frutas, muito superior à capacidade máxima do setor de envase. Analisando alguns dados de OEE inicial do envase, algumas mudanças foram discutidas com a produção e implantadas:

Quadro 6 – Mudanças aplicadas ao setor de envase

Nº	Mudança
1	Mudança no horário da equipe de produção, que deverá entrar duas horas mais tarde do que o setor de extração, minimizando perdas iniciais;
2	Turno da máquina ser de 10 horas corridas, ou seja, fazer revezamento de funcionários para o intervalo do almoço e de lanches. Com essa medida, não é mais necessário limpar os equipamentos antes do horário de almoço e minimizava paradas;
3	Um funcionário do setor deve chegar com antecedência e preparar todas as máquinas para a operação;
4	As 4 horas de trabalho do Sábado devem ser movidas para os dias de semana. Dessa forma, a produtividade da semana aumenta e não há grandes perdas para o Sábado, visto que em um turno de 4 horas, o tempo de setup e limpeza acabam tornando o período ineficiente;
5	Todo o fluxo de produção deverá ser contínuo, sem armazenar produtos para dias posteriores. Essa medida foi adotada para assegurar maior qualidade e menor índice de perda de produto por fermentação;
6	Para as frutas de categoria III e IV devem ser desativadas 1 e 2 máquinas de envase, respectivamente. Essa medida proporciona um equilíbrio entre a quantidade produzida pelo

	setor de extração e a capacidade de envase, tornando o OEE do envase similar para todas as categorias.
--	--

Fonte: Autor

Com essas seis medidas adotadas durante o processo de implantação, a produtividade aumentou. O índice OEE obtido ao final de seis meses pode ser encontrado na tabela a seguir.

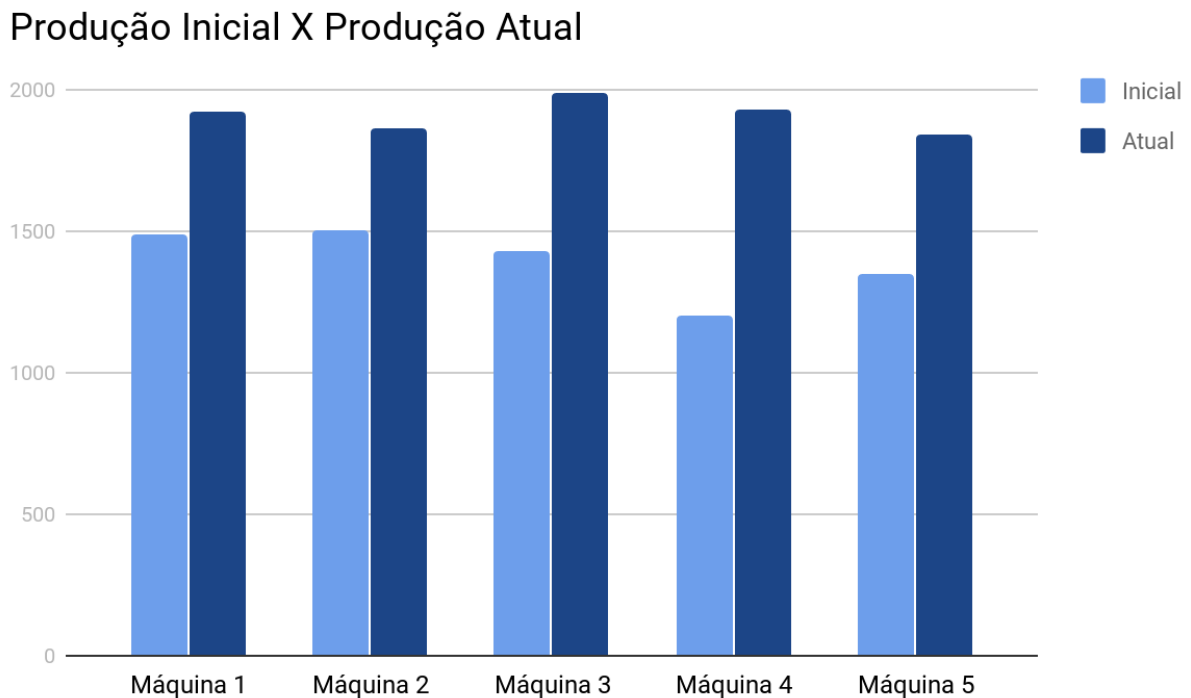
Tabela 8 – Índices OEE finais para o setor de envase

	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5
Disponibilidade	91,2%	87,7%	93%	93%	89,5%
Performance	92,3%	93%	93,7%	91%	90,2%
Qualidade	99,4%	99,7%	99,5%	99,7%	99,8%
OEE	83,7%	81,3%	86,7%	84,4%	80,6%

Fonte: Autor.

Como é possível observar, não ocorreu uma discrepância significativa entre as máquinas como acontecia inicialmente. Para as máquinas 1 e 2, o OEE pouco se alterou, mas para as máquinas 3, 4 e 5 houve um ganho significativo. Entretanto, apesar de o índice não apontar, houve um ganho de produção considerável em resultado as 4 medidas sugeridas. O gráfico 5 compara a produtividade média do cenário após intervenções – Novembro de 2018 - com os dados iniciais – Março de 2018.

Gráfico 5 – Comparativo de produção (em kg) das máquinas de envase



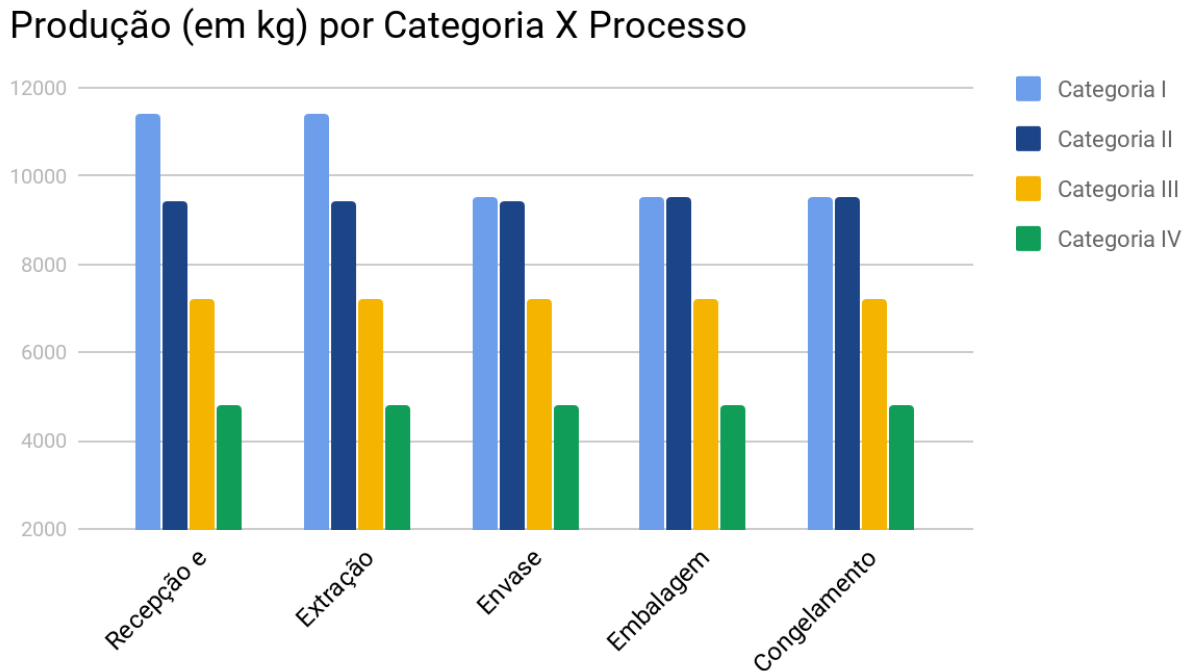
Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma característica que deve ser mencionada é que a mudança no processo produtivo trouxe ociosidade no envase nos dias de frutas com categorias III e IV. Com essa ociosidade, seria necessário calcular um OEE de envase para todas as categorias, visto que o fator performance iria reduzir devido a inatividade no setor. A medida número seis do quadro 7 foi sugerida para criar um equilíbrio entre as categorias, mantendo um indicador fiel para as quatro situações e, também, redução de custos.

Outro fator a ser considerado é o peso unitário de cada unidade produzida pelas máquinas, já que esse é um dos motivos que ocasiona descarte e diminui no índice qualidade. Antes da intervenção, a faixa de peso aceita por unidade era de 98 a 108 gramas. Essa amplitude de faixa foi reduzida de 10 para 5 gramas, ou seja, só são aceitas unidades entre 98 e 103 gramas. Estima-se que essa medida possa gerar em torno de 2% economia para a empresa, visto que muito produto costumava sair com peso muito superior ao previsto.

Contabilizando a linha de produção como um todo, o gráfico produção média da linha após as intervenções pode ser encontrado abaixo:

Gráfico 6 – Produção (em kg) real por categoria após intervenções



Fonte: Autor.

Como pode ser observado, houve um ganho de produtividade considerável. Se for feita a comparação entre os gráfico 3 e 6, nota-se um acréscimo médio de 20% de produção. Entretanto, o envase continua sendo insuficiente para a categoria I se for considerada sua capacidade máxima. Tendo em vista esse cenário, duas medidas foram sugeridas:

1. Diminuir a produção da categoria I para níveis no qual o envase consiga atender, ou seja, nivelar para os mesmos níveis da categoria II;
2. Aquisição de uma nova máquina de envase;
3. Mesclar os dois tipos de embalagem - 100 g e 1000 g - para aumentar a produtividade.

Por motivos de custo, ficou decidido que a produção da categoria I deveria ser reduzida, já que, dessa forma, o fluxo seguiria contínuo, não seria necessário investimento financeiro para compra de equipamentos e haveria ganho de produtividade quando comparado ao cenário industrial. A mescla de sabores é uma solução somente para alguns sabores, visto que a carta de clientes para embalagens de 1 kg é reduzida e restrita a poucas variedades. Por fim, ficou

esclarecido que, se houvesse necessidade de aumento de produção, o primeiro investimento a se fazer é no envase de produto acabado.

Alguns parâmetros de operação foram estabelecidos mediante monitoramento diário e esses parâmetros foram considerados para o estudo da manutenção preditiva. Dois casos onde bons resultados foram obtidos foram nos rolamentos em geral e nos ventiladores das unidades condensadoras. Uma vez que a temperatura ficasse acima do padrão, a intervenção poderia ser feita em até 48 horas e a falha tem grande possibilidade de não acontecer. Com essas medidas, houve grande melhora na performance do setor de extração e no de armazenamento/congelamento, pois antes da falha acontecer a correção já era realizada.

Porém, o padrão estabelecido para os compressores não funcionou como o esperado, visto que, uma vez detectada a temperatura fora dos parâmetros de operação, o equipamento ainda continua em operação por até 90 dias. Em certas ocasiões as falhas ocorreram logo após a detecção e em outras levaram até 3 meses. Uma análise mais detalhada está em andamento e a análise de óleo foi sugerida para as unidades que apresentavam temperatura mais elevada do que o padrão. Essa medida não foi tomada devido ao custo financeiro, pois não era economicamente viável fazer para todo o grupo de equipamentos.

Para os motores de modo geral, a tomada de temperatura foi amplamente usada para tentativa de prever casos de quebra de rolamentos. Para a grande maioria dos casos, funciona bem. A medida é tomada em até 24 horas após a detecção do problema e evitam-se paradas não planejadas. No entanto, para as bombas que trabalham com a linha de vapor tornou-se impossível tal monitoramento, visto que o fluido em bombeamento é rotineiramente mais elevado do que a temperatura padrão e pode passar uma impressão de ineficiência e ocasionar uma parada para reparo que não seria necessária.

Ainda na termografia, o método foi amplamente utilizado para analisar vedações e tubulações de linhas de vapor, câmaras frigoríficas e água gelada. A medida tornou-se eficaz para detectar, principalmente, vazamentos em vedações de câmaras frigoríficas que ocasionam perdas de rendimento e maior consumo de energia elétrica.

Por fim, também foram realizadas intervenções focando em eficiência energética. Além de detecção de vazamentos nas vedações nos setores de armazenamento e congelamento, a termografia foi amplamente utilizada para detectar pontos quentes em quadros de distribuição elétrica, condutores que estavam aquecendo mais do que o previsto e medidas eram tomadas para

correção. Além da termografia, foi realizada uma análise das faturas de energia e do contrato com a Enel, sendo diagnosticado que a demanda contratada estava abaixo do ideal e todos os meses eram geradas multas por ultrapassagem de demanda e que o banco de capacitores estava subdimensionado o que também ocasionava cobrança extra. Ambos os pontos foram corrigidos para sanar o prejuízo financeiro.

5 CONCLUSÃO

O estudo deste trabalho possibilitou o desenvolvimento de um setor de manutenção na empresa Frutã. Equipamentos foram catalogados, estudados quanto à sua criticidade e um plano de manutenção foi elaborado individualmente visando uma melhor performance industrial.

A planta em questão foi analisada antes de qualquer medida ser realizada a fim de obter a situação real de operação fabril. O índice OEE foi calculado para os equipamentos de produção e houve um aumento não só desse indicador como também de produtividade fruto das intervenções sugeridas.

A forma e frequência de manutenção foram elaboradas usando dados de cada fabricante e os conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia Mecânica. Um setor comprometido com Planejamento e Controle da Manutenção foi estabelecido e encontra-se operante, trazendo benefícios para a organização.

A manutenção preditiva focou somente em análise térmica, devido ao custo de implantação dos demais métodos. Ainda assim, resultados satisfatórios foram obtidos para equipamentos mais simples. Os compressores herméticos foram um caso no qual somente a termografia não foi capaz de trazer informação suficiente antes da falha ocorrer. Apesar de a análise de óleo ser sugerida, a mesma não foi realizada.

As atividades do setor de planejamento e controle da manutenção foram desenvolvidas de forma integrada com o setor de produção e a fácil comunicação entre setores trouxe um ganho de produtividade de aproximadamente 20%.

Adicionalmente, uma redução de custos de 64,7% da verba usada para troca de compressores herméticos foi alcançada usando ferramentas de manutenção e proteção.

Por fim, houve um aumento da performance industrial que ocasionou uma melhora na competitividade da empresa, o que possibilitou uma abertura de mercados internacionais que só foram possíveis quando um menor custo operacional foi atingido.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. **28º CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- AFNOR. **AFNOR NF 60-010**. Disponível em: <<https://www.afnor.org/en/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: Princípios Técnicos e Operações**. São Paulo: Saraiva, 2015.
- BORMIO, M. R. **Manutenção Produtiva Total (TPM)**. Cenpro – Curso de especialização em engenharia de produção. Junho, 2000.
- CASTELLA, Marco César. **Análise crítica da área de manutenção em uma empresa brasileira de geração de energia elétrica**. 2001. 152 f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- DOHI, T. et al. Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 7, n. 1, p. 71-84, jan-abr 2001.
- BRANCO FILHO, G.. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- MOUBRAY, John. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1997.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- PAPIC, Ljubisa; ARONOV, Joseph & PANTELIC, Milorad. Safety based Maintenance Concept. **International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering**, New Jersey (USA), v.16, n.6, p. 533-549, 2009.
- RAPOSO, Jose L. O. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada a Sistemas Elétricos: uma proposta para uso em análise de risco no diagrama de decisão**. 2004. 149f Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

SCHOLLES, Clara Rejane. **Criticidade de Equipamentos na Indústria:** Como definir prioridades da manutenção. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16924-criticidade-de-equipamentos-na-industria-como-definir-prioridades-na-manutencao>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SHARMA, A. et al. A literature review and future perspectives on maintenance optimization. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 7, n. 1, p. 5-25, jan-abr 2011.

SHENOY, D.; BHADURY, B. **Maintenance resources management: adapting MRP**. 1^a. ed. London: Taylor and Francis LTD, 2005.

SIQUEIRA, I.P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação**. Qualitymark, 1^a Reimpressão, 2009.

TAKAHASHI, Yoshikasu; OSADA, Takashi. **TPM/MTP: Manutenção Produtiva Total**. 6. ed. São Paulo: Instituto Imam, 1993.

VENKATESH, V.; MORRIS, M.; DAVIS, G.; DAVIS, F.D. **User acceptance of information technology: toward a unified view**. MIS Quarterly, Minneapolis, v.27, n.3, p.425-478, 2003.

VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

WILLIAMS, 1994 apud CASTELLA, 2001. **Como é a Manutenção para a Athena**. 2001. Disponível em:<[2001http://athena-automacao.com.br/home.html](http://athena-automacao.com.br/home.html)>. Acesso em 30/03/2019.

APÊNDICE A - PLANO DE MANUTENÇÃO SUGERIDO

Plano de Manutenção Preventiva e Preditiva

Os procedimentos de manutenção sugeridos inicialmente foram estabelecidos individualmente para cada equipamento. Os procedimentos foram descritos de formas simples, sem memorial descritivo de como o procedimento de inspeção, desmontagem e montagem deve ser feito.

Para a zona azul, um documento em forma de tabela foi escrito e pode ser encontrado abaixo.

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Setor:	Escritório	
Split indústria	Limpeza de filtros com água morna e detergente	Semanalmente
	Limpeza do painel frontal com pano umedecido/	
	Limpeza total do equipamento	Semestralmente
Split escritório	Limpeza de filtros com água morna e detergente	Mensalmente
	Limpeza do painel frontal com pano umedecido	
	Limpeza total do equipamento	Anualmente
Computadores	Remoção de poeira interna ao gabinete	Anualmente
	Limpeza e teste de cooler	
	Verificar desfragmentador de disco	Mensalmente
	Varredura anti-vírus	

	Verificação spyware	
	Apagar arquivos temporários	
Impressoras	Verificar funcionamento	Mensalmente
Setor:	Recepção e Lavagem	
Descascador de Abacaxi	Realizar limpeza após uso	A cada uso
	Verificar folga/estado de correias	Mensalmente
	Chave de acionamento	
	Verificar rolamento	
	Troca de lâmina	Sempre que solicitado
	Verificar quadro de comando	Mensalmente
Mesas de inox	Verificar assentamento	A cada 3 meses
	Verificar soldas e vazamentos	
Setor:	Extração	
Prensa de frutas	Verificar folga/estado de correias	Mensalmente
	Verificar rolamentos	
	Inspeção geral do equipamento	
	Verificar quadro de comando	
Tanques de formulação	Verificar vazamentos	A cada 3 meses
Despolpadeira 2	Verificar folga/desgaste de correias	A cada 2 semanas
	Verificar rolamentos	

	Análise térmica	Semanalmente
	Verificar alinhamento escovas	
	Verificar alinhamento martelo	
	Inspeção do estado geral da máquina	
	Verificar quadro de comando	
	Inspecionar polias	A cada 6 meses
Despolpadeira 1	Verificar folga/desgaste de correias	Mensalmente
	Verificar rolamentos	
	Verificar desgaste de escovas	A cada 2 semanas
	Verificar alinhamento escovas	
	Verificar vazamentos	
	Inspeção do estado geral da máquina	
	Análise térmica	Semanalmente
	Inspecionar polias	A cada 6 meses
Esteira despolpadeira 2	Ajuste de palhetas	Semanalmente
	Verificar quadro de comando	
	Verificar funcionamento motor (óleo, vazamentos, ruídos, vibração, etc.)	
Tanque esteira despolpadeira 2	Verificar vazamentos	A cada 3 meses
	Verificar quadro de comando	Semanalmente

Bomba do preparo	Verificar estator	
	Inspecionar óleo	A cada 6 meses
	Verificar vazamentos	
	Trocar óleo lubrificante	A cada 3 anos
	Substituir graxa dos rolamentos	
	Substituir retentor (não montar na mesma posição)	
Bomba do pasteurizador	Verificar quadro de comando	Semanalmente
	Verificar estator	
	Análise térmica	
	Inspecionar óleo	A cada 6 meses
	Verificar vazamentos	
	Trocar óleo lubrificante	A cada 3 anos
	Substituir graxa dos rolamentos	
	Substituir retentor (não montar na mesma posição)	
Pasteurizador	Limpeza intratubular	A cada 3 meses
	Verificar vazamentos	Semanalmente
	Verificar quadro de comando	
Tanque de preparo	Verificar vazamentos no tanque	A cada 3 meses
	Inspeção geral no motor	Mensalmente

	Verificar quadro de comando	Semanalmente
Tanque de resfriamento	Verificar quadro de comando	Semanalmente
	Verificar vazamentos no tanque	A cada 3 meses
	Verificar estator da bomba	Mensalmente
	Verificar rolamentos	
	Verificar selo	A cada 6 meses
	Inspecionar mexedor	Mensalmente
	Inspecionar controlador	
	Inspecionar estado geral do redutor	
	Setor:	Envase
Bomba dosadora	Inspecionar rolamento	Mensalmente
	Inspecionar rotor	
	Inspecionar selo	
	Inspecionar estator	
	Verificar quadro de comando	Semanalmente
Motor de arraste de bobina	Inspecionar rolamentos	Mensalmente
	Verificar óleo lubrificante	
Cilindro pneumático	Verificar funcionamento	Mensalmente
	Revisão completa	A cada 2 meses

Máquina de envase	Verificar teflon	Diariamente. Deve ser realizado pelo operador da máquina
	Verificar fotocélula	
	Verificar peso dos produtos	
	Verificar lâmpada germicida	
Mexedor da máquina de envase	Verificar funcionamento do motor	Semanalmente
	Verificar vazamentos, rolamentos e funcionamento do redutor	
Embaladeira automática		
Setor:	Embalagem	
Seladora de fardo	Verificar contactor	A cada 15 dias
	Verificar temporizador	
	Inspecionar transformador	
Datadora	Inspecionar resistência	A cada 15 dias
Mesas de inox	Verificar assentamento	A cada 3 meses
	Inspecionar soldas/vazamentos	
Paleteiras	Lubrificar paleteira	Mensalmente
	Verificar óleo lubrificante	
	Inspecionar rolamentos	
	Inspeção geral	
Setor:	Armazenamento e Expedição	
Evaporadores das	Inspecionar resistências	Semanalmente

câmaras frigoríficas	Verificar funcionamento de ventiladores	
	Inspecionar válvulas	
	Inspecionar controlador	
Câmara frigorífica	Verificar isolamento das portas	Mensalmente
	Trocar borracha das portas	A cada 2 anos
Setor:	Elétrico	
Quadros de comando geral	Verificar funcionamento dos componentes	Mensalmente (a ser acompanhado por um electricista)
	Reapertar conexões elétricas	
	Fotografar imagem térmica	

Já para os equipamentos instalados externamente - designada zona verde - foi elaborada uma tabela para cada equipamento ou grupo de equipamento. Por se tratar de dispositivos críticos de operação, um regime de inspeção mais rigoroso foi implantado e para cada máquina foi elaborado um formulário específico com cada parâmetro que deve ser analisado em cada parada de manutenção. Abaixo encontra-se a sugestão do plano de manutenção. Os formulários podem ser consultados no Anexo V em diante.

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Bomba do rio, bomba geral, bomba cisterna, bomba caldeira, bomba banco de gelo	Substituir rolamento	2 anos
	Substituir selo	2 anos
	Verificar assentamento	6 meses
	Realizar limpeza	6 meses

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Caldeira	Verificar vazamentos	A cada 2 semanas operando um turno por dia ou 1 semana operando 2 turnos por dia.
	Realizar limpeza dos tubos	
	Realizar limpeza geral	
	Verificar se manual está no local designado	

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Compressor parafuso SRP 4015	Inspecionar dreno automático	Semanalmente
	Verificar Painel	Semanalmente

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Compressor de ar pistão	Inspecionar nível do óleo	Semanalmente
	Troca de óleo lubrificante	A cada 2 meses
	Trocar filtro de óleo	A cada 2 meses
	Troca filtro de ar	A cada 6 meses
	Inspecionar folga de correias	A cada 6 meses
	Limpeza externa do compressor (incluindo aletas)	A cada 6 meses

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Unidade Condensadora de Câmaras, Túneis e Banco de Gelo	Verificar nível de óleo do compressor	Diariamente
	Verificar existência de vibrações	Diariamente
	Verificar obstrução na condensadora	Diariamente
	Limpeza de tela	Semanalmente
	Medir corrente do compressor	Semanalmente
	Verificar carga de gás	Mensalmente
	Apertar conexões elétricas	Mensalmente
	Trocar filtro secador	A cada seis meses
	Trocar óleo lubrificante	A cada seis meses
	Medir temperatura do compressor	Mensalmente
	Medir temperatura dos ventiladores	Mensalmente

*Considerou-se um funcionamento contínuo durante todo o ano.

Equipamento	Atividade	Periodicidade
Gerador	Troca de óleo	250 horas (3 meses)
	Troca de filtro de óleo	500 horas (6 meses)
	Troca de filtro de combustível	500 horas (6 meses)
	Inspecionar nível de óleo	Semanalmente

	Inspecionar fluido de arrefecimento	Semanalmente
	Trocar fluido de arrefecimento	500 horas (6 meses)
	Trocar filtro de ar	500 horas (6 meses)

*Considerou-se um funcionamento de 3.5 horas diárias de funcionamento do gerador.

Além dessas duas zonas, a empresa também possui mais dois setores que não foram englobados no presente trabalho: manutenção predial e automotiva.

A manutenção predial é responsabilidade do setor de qualidade e segurança alimentar desde a fundação da planta. As ações corretivas são realizadas por meio de empresas terceirizadas, bem como a manutenção da frota empresarial que é regida pelo setor de logística.

APÊNDICE B - CÁLCULO DO OEE INICIAL

Equipamento: Despoldadeira 1

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 480 \text{ min (8 horas)}$$

$$B = 480 - (\text{setup} + \text{ajuste} + \text{limpeza}) = 480 - (45 + 60 + 105) = 270 \text{ min}$$

$$ID = 270/480 = 0,5625 = 56\%$$

Performance - Classe I

$$IP = D/C$$

$$C = 2500 \text{ kg/h} * (270/60) = 11250 \text{ kg}$$

$$D = 9500 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 9500/11250 = 0,8444 = 84\%$$

Performance - Classe II

$$C = (2500 * 70)/85 = 2050 \text{ kg/h} * (270/60) = 9225 \text{ kg}$$

$$D = 7950 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 7950/9225 = 0,8617 = 86\%$$

Performance - Classe III

$$C = (2500 * 55)/85 = 1600 \text{ kg/h} * (270/60) = 7200 \text{ kg}$$

$$D = 6200 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 6200/7200 = 0,8611 = 86\%$$

Performance - Classe IV

$$C = (2500 * 38)/85 = 1100 \text{ kg/h} * (270/60) = 4950 \text{ kg}$$

$$D = 4000 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 4000/4950 = 0,8080 = 81\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe I : } 56\% * 84\% * 100\% = 47\%$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe II: } 56\% * 86\% * 100\% = 48\%$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe III: } 56\% * 84\% * 100\% = 48\%$$

OEE Despoldadeira 1 - Classe IV $56\% * 81\% * 100\% = 45\%$

Equipamento: Despoldadeira 2 (Refinador)

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 480 \text{ min (8 horas)}$$

$$B = 480 - (\text{setup} + \text{ajuste} + \text{limpeza}) = 480 - (15 + 45 + 15) = 405 \text{ min}$$

$$ID = 405/480 = 0,8437 = 84\%$$

Performance

$$IP = D/C$$

$$C = 2000 \text{ kg/h} * (405/60) = 13500 \text{ kg}$$

$$D = 9500 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 9500/13500 = 0,7037 = 70\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

OEE Despoldadeira 2: $84\% * 70\% * 100\% = 58,8\%$

Equipamento: Pasteurizador

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 420 \text{ min (7 horas)}$$

$$B = 420 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{limpeza final}) = 420 - (10 + 10 + 40) = 360 \text{ min}$$

$$ID = 360/420 = 0,8571 = 85,7\%$$

Performance

$$IP = D/C$$

$$C = 2000 \text{ kg/h} * (360/60) = 12000 \text{ kg}$$

$$D = 9500 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 9500/12000 = 0,7916 = 79\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

OEE Pasteurizador: $85,7\% * 79,16\% * 100\% = 67,84\%$

Equipamento: Máquina de Envase 01

Disponibilidade

$$A = 450 \text{ min}$$

$$B = 450 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 450 - (5 + 10 + 30) \\ = 405 \text{ min}$$

$$ID = 405/450 = 0,90 = 90\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 405 \text{ min} = 1620 \text{ kg}$$

$$D = 1490 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1490/1620 = 0,919 = 91,9\%$$

Qualidade

$$E = 1490 \text{ kg}$$

$$F = 1490 - 8 = 1482 \text{ kg}$$

$$IQ = 1482/1490 = 0,995 = 99,5\%$$

OEE Máquina de Envase 01: $90\% * 91,9\% * 99,5\% = 82,3\%$

Equipamento: Máquina de Envase 02

Disponibilidade

$$A = 450 \text{ min}$$

$$B = 450 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 450 - (5 + 10 + 38) \\ = 397 \text{ min}$$

$$ID = 397/450 = 0,882 = 88,2\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 397 \text{ min} = 1588 \text{ kg}$$

$$D = 1500 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1500/1588 = 0,944 = 94,4\%$$

Qualidade

$$E = 1500 \text{ kg}$$

$$F = 1500 - 3 = 197 \text{ kg}$$

$$IQ = 1497/1500 = 0,998 = 99,8\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 02: } 88,2\% * 94,4\% * 99,8\% = 83,1\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 03

Disponibilidade

$$A = 450 \text{ min}$$

$$B = 450 - (\textit{setup} + \textit{limpeza inicial} + \textit{paradas de ajuste}) = 450 - (5 + 10 + 60) \\ = 375 \text{ min}$$

$$ID = 375/450 = 0,833 = 83,3\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 375 \text{ min} = 1500 \text{ kg}$$

$$D = 1430 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1430/1500 = 0,953 = 95,3\%$$

Qualidade

$$E = 1430 \text{ kg}$$

$$F = 1430 - 57 = 1373 \text{ kg}$$

$$IQ = 1373/1430 = 0,96 = 96\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 03: } 83,3\% * 95,3\% * 96\% = 83,1\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 04

Disponibilidade

$$A = 450 \text{ min}$$

$$B = 450 - (\textit{setup} + \textit{limpeza inicial} + \textit{paradas de ajuste}) = 450 - (5 + 10 + 34) \\ = 401 \text{ min}$$

$$ID = 401/450 = 0,891 = 89,1\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 401 \text{ min} = 1604 \text{ kg}$$

$$D = 1200 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1200/1604 = 0,748 = 74,8\%$$

Qualidade

$$E = 1200 \text{ kg}$$

$$F = 1200 - 4 = 1196 \text{ kg}$$

$$IQ = 1196/1200 = 0,997 = 99,7\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 04: } 89,1\% * 74,8\% * 99,7\% = 0,664 = 66,4\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 05

Disponibilidade

$$A = 450 \text{ min}$$

$$B = 450 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 450 - (5 + 10 + 35) \\ = 400 \text{ min}$$

$$ID = 400/450 = 0,889 = 88,9\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 400 \text{ min} = 1600 \text{ kg}$$

$$D = 1350 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1350/1600 = 0,844 = 84,4\%$$

Qualidade

$$E = 1350 \text{ kg}$$

$$F = 1350 - 3 = 1347 \text{ kg}$$

$$IQ = 1347/1350 = 0,998 = 99,8\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 05: } 88,9\% * 84,4\% * 99,8\% = 0,749 = 74,9\%$$

APÊNDICE C - CÁLCULO DO OEE FINAL

Equipamento: Despoldadeira 1

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 480 \text{ min (8 horas)}$$

$$B = 480 - (\text{setup} + \text{ajuste} + \text{limpeza}) = 480 - (30 + 45 + 90) = 315 \text{ min}$$

$$ID = 315/480 = 0,656 = 65,6\%$$

Performance - Classe I

$$IP = D/C$$

$$C = 2500 \text{ kg/h} * (315/60) = 13125 \text{ kg}$$

$$D = 11400 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 11400/13125 = 0,859 = 85,9\%$$

Performance - Classe II

$$C = (2500 * 70)/85 = 2050 \text{ kg/h} * (315/60) = 10760 \text{ kg}$$

$$D = 9450 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 9450/10760 = 0,8782 = 87,8\%$$

Performance - Classe III

$$C = (2500 * 55)/85 = 1600 \text{ kg/h} * (315/60) = 8400 \text{ kg}$$

$$D = 7200 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 7200/8400 = 0,857 = 85,7\%$$

Performance - Classe IV

$$C = (2500 * 38)/85 = 1100 \text{ kg/h} * (315/60) = 5775 \text{ kg}$$

$$D = 4800 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 4800/5775 = 0,831 = 83,1\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe I : } 65,6\% * 85,9\% * 100\% = 56,4\%$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe II: } 65,6\% * 87,8\% * 100\% = 57,6\%$$

$$\text{OEE Despoldadeira 1 - Classe III: } 65,6\% * 85,7\% * 100\% = 56,2\%$$

OEE Despoldadeira 1 - Classe IV65, 6% * 83, 1% * 100% = 54, 5%

Equipamento: Despoldadeira 2 (Refinador)

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 480 \text{ min (8 horas)}$$

$$B = 480 - (\text{setup} + \text{ajuste} + \text{limpeza}) = 480 - (15 + 45 + 15) = 405 \text{ min}$$

$$ID = 405/480 = 0,8437 = 84,4\%$$

Performance

$$IP = D/C$$

$$C = 2000 \text{ kg/h} * (405/60) = 13500 \text{ kg}$$

$$D = 11400 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 11400/13500 = 0,844 = 84,4\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

OEE Despoldadeira 2: 84, 4% * 84, 4% * 100% = 71, 2%

Equipamento: Pasteurizador

Disponibilidade

$$ID = B/A$$

$$A = 420 \text{ min (7 horas)}$$

$$B = 420 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{limpeza final}) = 420 - (10 + 10 + 40) = 360 \text{ min}$$

$$ID = 360/420 = 0,8571 = 85,7\%$$

Performance

$$IP = D/C$$

$$C = 2000 \text{ kg/h} * (360/60) = 12000 \text{ kg}$$

$$D = 11400 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 11400/12000 = 0,95 = 95\%$$

Qualidade

$$IQ = 100\% \text{ (consideração feita tendo em vista que o processo não gera refugo)}$$

OEE Pasteurizador: $85,7\% * 95\% * 100\% = 81,4\%$

Equipamento: Máquina de Envase 01

Disponibilidade

$$A = 600 \text{ min (10 horas)} - 30 \text{ minutos de limpeza final} = 570 \text{ min}$$

$$B = 570 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 570 - (15 + 15 + 20) \\ = 520 \text{ min}$$

$$ID = 520/570 = 0,912 = 91,2\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 520 \text{ min} = 2080 \text{ kg}$$

$$D = 1920 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1920/2080 = 0,923 = 92,3\%$$

Qualidade

$$E = 1920 \text{ kg}$$

$$F = 1920 - 8 = 1908 \text{ kg}$$

$$IQ = 1908/1920 = 0,994 = 99,4\%$$

OEE Máquina de Envase 01: $91,2\% * 92,3\% * 99,4\% = 83,7\%$

Equipamento: Máquina de Envase 02

Disponibilidade

$$A = 570 \text{ min}$$

$$B = 570 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 570 - (15 + 15 + 40) \\ = 500 \text{ min}$$

$$ID = 500/570 = 0,877 = 87,7\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 500 \text{ min} = 2000 \text{ kg}$$

$$D = 1860 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1860/2000 = 0,93 = 93\%$$

Qualidade

$$E = 1860 \text{ kg}$$

$$F = 1860 - 3 = 1854 \text{ kg}$$

$$IQ = 1854/1860 = 0,997 = 99,7\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 02: } 87,7\% * 93\% * 99,7\% = 81,3\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 03

Disponibilidade

$$A = 570 \text{ min}$$

$$B = 570 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 570 - (15 + 15 + 10) \\ = 530 \text{ min}$$

$$ID = 530/570 = 0,93 = 93\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 570 \text{ min} = 2120 \text{ kg}$$

$$D = 1990 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1990/2120 = 0,937 = 93,7\%$$

Qualidade

$$E = 1990 \text{ kg}$$

$$F = 1990 - 10 = 1980 \text{ kg}$$

$$IQ = 1980/1990 = 0,997 = 99,7\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 03: } 93\% * 93,7\% * 99,7\% = 86,9\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 04

Disponibilidade

$$A = 570 \text{ min}$$

$$B = 570 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 570 - (15 + 15 + 20) \\ = 530 \text{ min}$$

$$ID = 530/570 = 0,93 = 93\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 530 \text{ min} = 2120 \text{ kg}$$

$$D = 1930 \text{ kg} \text{ (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1930/2120 = 0,910 = 91\%$$

Qualidade

$$E = 1930 \text{ kg}$$

$$F = 1930 - 5 = 1925 \text{ kg}$$

$$IQ = 1925/1930 = 0,997 = 99,7\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 04: } 93\% * 91\% * 99,7\% = 0,844 = 84,4\%$$

Equipamento: Máquina de Envase 05

Disponibilidade

$$A = 570 \text{ min}$$

$$B = 570 - (\text{setup} + \text{limpeza inicial} + \text{paradas de ajuste}) = 570 - (15 + 15 + 30) \\ = 510 \text{ min}$$

$$ID = 510/570 = 0,895 = 89,5\%$$

Performance

$$C = 4 \text{ kg/min} * 510 \text{ min} = 2040 \text{ kg}$$

$$D = 1840 \text{ kg (dado retirado dos registros de processamento da empresa)}$$

$$IP = 1840/2040 = 0,902 = 90,2\%$$

Qualidade

$$E = 1840 \text{ kg}$$

$$F = 1840 - 4 = 1836 \text{ kg}$$

$$IQ = 1836/1840 = 0,998 = 99,8\%$$

$$\text{OEE Máquina de Envase 05: } 89,5\% * 90,2\% * 99,8\% = 0,806 = 80,6\%$$

APÊNDICE D - MODELO DE DIÁRIO DE MÁQUINA UTILIZADO

Diário de Máquina - Envase - Máquina ____ - **Data:** ____/____/____

Operador(es): _____

Hora de início ____:____ Hora de término ____/____

Hora	Quantidade produzida indicada no painel	Peso unitário	Hora	Quantidade produzida indicada no painel	Peso unitário

Tabela 1 - Registro de produção e aferição (registrar a cada hora de trabalho).

Código	Duração (min)	Legenda	
		01-Troca de fita teflon	07-Troca de bobina
		02-Intervalo de trabalho	08-Variação de peso
		03-Falta de caixa	09-Manutenção
		04-Fotocélula	10-Embalagens danificadas
		05-Datador	11-Falta de energia
		06-Tanque seco	12-Falta de água

Tabela 2 - Registro de parada de operação

Peso de produto não conforme (em kg):

--

Tabela 3 - Produto não conforme

APÊNDICE E - FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA ZONA VERDE

O formulário abaixo é o correspondente para a manutenção semestral da Zona Verde, que é a inspeção mais extensa. No entanto, cada inspeção é realizada sempre obedecendo ao plano de manutenção.

Manutenção Zona Verde

Preencher com:

- C – Conforme
- NC – Não conforme
- NR – Não realizado ou não convém

Nos campos de corrente e de pressão, preencher com valor obtido no instrumento de medição.

Equipamento: Unidade Condensadora	Data:		Duração:					
Itens inspecionados	Número de Patrimônio							
	02	03	04	05	06	07	08	09
Limpeza da tela								
Medir corrente do compressor								
Verificar carga de gás refrigerante								
Inspeccionar nível de óleo								
Trocar filtro secador								
Trocar óleo lubrificante								
Revisar conexões elétricas								
Medir temperatura compressor								
Medir temperatura ventilador 1								
Medir temperatura ventilador 2								
Apertar conexões elétricas								
Verificar existência de vibrações								

Equipamento: Unidade Condensadora	Data:		Duração:					
Itens inspecionados	Número de Patrimônio							
	10	11	12	13	14	15		

Limpeza da tela								
Medir corrente do compressor								
Verificar carga de gás refrigerante								
Inspecionar nível de óleo								
Trocar filtro secador								
Trocar óleo lubrificante								
Revisar conexões elétricas								
Medir temperatura compressor								
Medir temperatura ventilador 1								
Medir temperatura ventilador 2								
Apertar conexões elétricas								
Verificar vibrações								

Equipamento: Gerador	Data:	Duração:
Itens inspecionados	Número de Patrimônio	
	01	
Inspecionar/Trocar óleo		
Inspecionar/Trocar filtro de óleo		
Inspecionar/Trocar filtro de combustível		
Inspecionar/Trocar filtro de ar		
Inspecionar/Trocar fluido de arrefecimento		

Equipamento: Compressor de ar a pistão	Data:	Duração:
Itens inspecionados	Número de Patrimônio	
	15	16
Inspecionar/Trocar óleo lubrificante		
Inspecionar/Trocar filtro de óleo		
Inspecionar/Trocar filtro de ar		
Inspecionar folga das correias		
Limpeza externa do compressor		

Equipamento: Bombas área externa		Data:		Duração:	
Itens inspecionados	Número de Patrimônio				
	17	18	19	20	
Verificar assentamento					
Realizar limpeza					
Trocar selo (se detectado vazamento)					
Trocar rolamento (se temperatur estiver acima do normal)					

Equipamento: Compressor de ar parafus		Data:		Duração:	
Itens inspecionados	Número de Patrimônio				
			21		
Verificar painel					
Inspeccionar dreno automático					

Campo destinado a tarefas executadas para corrigir itens NC (não conformes)

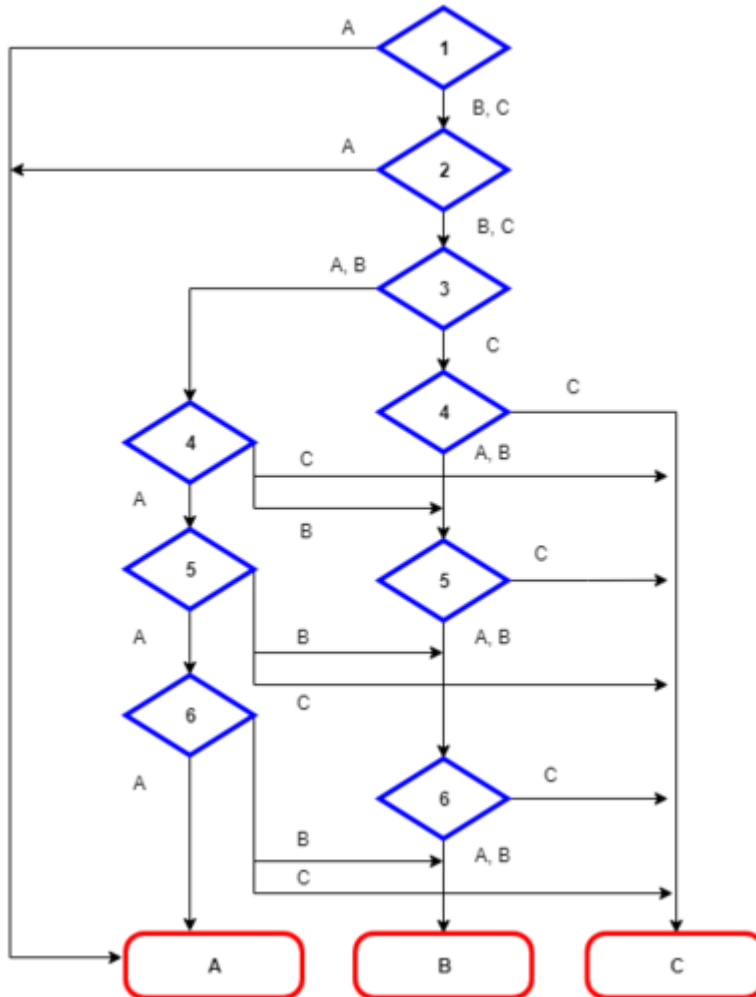
Serviços Executados		
Número do Patrimônio	Atividade	Data

Responsável pela Manutenção: _____

Data final: ___/___/___

ANEXO A - DIAGRAMA PARA DETERMINAR CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS

Figura 3 – Diagrama para determinar criticidade de equipamentos



Fonte: <https://www.industria40.ind.br/artigo/16924-criticidade-de-equipamentos-na-industria-como-definir-prioridades-na-manutencao>.

Onde:

1. Segurança: Máquinas perigosas, como prensas e guilhotinas, ao apresentarem falhas, podem causar sérios danos à saúde do trabalhador que a opera.
2. Qualidade do produto: Algumas máquinas realizam processos de alta precisão e, dessa maneira, o menor nível de desalinhamento pode acarretar em perda de qualidade do produto fabricado.

3. Impacto na produção: Falhas em máquinas gargalos no processo produtivo podem impactar fortemente na produtividade da empresa. Em alguns casos, podem até mesmo ocasionar em paradas totais da produção. Portanto, esse é um critério extremamente importante na análise de criticidade.
4. MTBF / Confiabilidade da máquina: Esse critério faz uso do indicador MTBF, abordado previamente, que trata do tempo decorrido entre falhas em uma máquina.
5. Tempo de reparo: Esse critério faz uso do indicador MTTR, 'Mean Time to Recovery', que representa o tempo médio necessário para substituir ou reparar um componente defeituoso, ou mesmo para que a máquina volte a funcionar.
6. Custos de manutenção: Dinheiro a ser gasto no conserto de uma máquina específica que venha a apresentar falhas. Esse gasto varia de acordo com a falha ocorrida, porém, de maneira geral, é possível inferir se o ativo requer altos gastos com peças de reposição e etc. Por exemplo, se o ativo for importado, pode ser que os custos de reposição de peças defeituosas sejam mais elevados.

Cada máquina deve ser avaliada seguindo os critérios acima seguindo os seguintes níveis de impacto:

- A. Alto Impacto;
- B. Médio Impacto;
- C. Pouco/nenhum Impacto.

Dessa forma, a classificação de cada dispositivo poderá ser obtida.