

GUTENBERG TONHATTO CARVALHO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO VOLTADA AO
AUMENTO DA DISPONIBILIDADE NUMA LINHA DE PRODUÇÃO DE
LÂMPADAS FLUORESCENTES**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do certificado de
Especialista em Engenharia e Gestão de
Manufatura e Manutenção – MBA/USP

São Paulo
2013

GUTENBERG TONHATTO CARVALHO

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO VOLTADA AO
AUMENTO DA DISPONIBILIDADE NUMA LINHA DE PRODUÇÃO DE
LÂMPADAS FLUORESCENTES**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do certificado de
Especialista em Engenharia e Gestão de
Manufatura e Manutenção – MBA/USP

Área de Concentração:
Gerência da Manutenção

Orientador:
Prof. Dr. Gilberto Francisco M. de Souza

São Paulo
2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais Iracilda e Francisco por me amparar quando era totalmente incapaz, me educaram com todo tempo, carinho e amor para hoje ser o que sou.

Agradeço a todos os professores que me guiaram pelo caminho da cultura e do aprimoramento do conhecimento ao longo do meu aprendizado, em especial, ao Professor Doutor Gilberto Francisco Martha de Souza pela orientação e esclarecimentos durante todo o trabalho.

Agradeço a minha esposa Raquel que me apoiou em todas as tomadas de decisão em minha vida e sempre me incentivou a seguir em frente.

Agradeço também ao meu coordenador Emerson Renato por ter me suportado durante o desenvolvimento desse projeto e por compartilhar suas experiências profissionais ao longo da minha carreira profissional nessa empresa.

Agradeço a USP pela oportunidade de fazer parte do Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica, aprender e estar interado do que há de melhor no que diz respeito à cultura, tecnologia e informação.

Agradeço aos colegas de curso pela ajuda, amparo, conselhos e trocas de experiências vividas.

E agradeço a Deus por tudo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Linha de produção número dois	28
Figura 4.1 – Atividades preventivas dos equipamentos	34
Figura 4.2 – Plano de manutenção programada	36
Figura 4.3 – Plano de providências da linha de produção nº2	38
Figura 4.4 – Cronograma da manutenção anual 2012 da máquina Seladora	40
Figura 4.5 – Formulário em papel de registro das falhas e ocorrências	42
Figura 4.6 – Planilha informatizada para o registro das falhas de outubro/2012	43
Figura 4.7 – Formulário para análise das falhas com alto impacto	45
Figura 6.1 – Árvore funcional simplificada da linha de produção nº2	51
Figura 6.2 – Árvore funcional detalhada da etapa de Pintura dos bulbos	53
Figura 6.3 – Árvore funcional detalhada da etapa de Montagem	54
Figura 6.4 – Árvore funcional detalhada do Grupo 1	55
Figura 6.5 – Árvore funcional detalhada do Grupo 2	56
Figura 6.6 – Planilha informatizada para o registro das falhas de dezembro/2012 com a ferramenta drop down em funcionamento	57
Figura 6.7 – Painel Kambam para gerenciamento visual dos dispositivos sobressalentes da linha de produção nº2	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Matriz para seleção preliminar das práticas de manutenção (CARDOSO, 2004).....	20
Tabela 2.2 – Informações para determinação do número de prioridade de risco (NPR)	22
Tabela 2.3 – Formulário para acompanhamento do FMEA.....	23
Tabela 3.1 – Descrição dos produtos fabricados	27
Tabela 3.2 – Média de horas trabalhadas por mês em sistema de turnos	30
Tabela 5.1 – Falhas ocorridas no conjunto de flange durante abril/2012 em horas ..	48
Tabela 5.2 – Falhas ocorridas no conjunto prensa durante abril/2012 em horas.....	49
Tabela 6.1 – Relatório de todas as falhas da cabeça da máquina Exaustora em dezembro/2012	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Falhas dos equipamentos da linha de produção nº2 abril/2012 em horas	46
Gráfico 5.2 – Falhas dos dispositivos da máquina Montadora Automática nº1 abril/2012 em horas.....	47
Gráfico 6.1 – Grau de aproveitamento da linha de produção nº2 em 12 (doze) meses	59
Gráfico 6.2 – Quantidade de horas paradas dos equipamentos mais críticos no mês de dezembro/12 em horas	60
Gráfico 6.3 – Falhas dos dispositivos da máquina Exaustora durante o mês de dezembro em percentual.....	61
Gráfico 6.4 – Falhas dos dispositivos da máquina Montadora Automática nº1 durante o mês de dezembro em percentual.....	61
Gráfico 6.5 – Falhas dos dispositivos da máquina Seladora durante o mês de dezembro em percentual.....	62
Gráfico 6.6 – Falhas dos dispositivos da máquina Baseadora durante o mês de dezembro em percentual.....	62
Gráfico 7.1 – Acompanhamento mensal de horas de máquinas paradas na linha de produção nº2.....	70
Gráfico 7.2 – Acompanhamento mensal do custo proveniente do excesso de indisponibilidade da linha de produção nº2 em reais	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

AFO – Análise de Falha Operacional.

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis, Análise do Modo e Efeito da Falha;

LE – Velocidade de Produção Horária (em alemão Leistungszahl Einstelleistung);

LED – Light Emitting Diode, Diodo Emissor de Luz;

NG – Grau de Aproveitamento (em alemão Nutzungssgrad);

NPR – Número de Prioridade do Risco;

PM – Plano de Manutenção;

RCM – Reliability Centered Maintenance, Manutenção Centrada em Confiabilidade;

TDF – Tempo de Desenvolvimento da Falha;

TMEM – tempo médio entre manutenções (em inglês MTBF – Mean Time Between Failure);

TMPR – Tempo Médio Para Reparos (em inglês MTTR – Mean Time To Repair);

TMPRAtivo – Tempo Médio Para Reparos Ativo (em inglês MTTRactive – Main Time To Repair Active);

TPM – Total Productive Maintenance, Manutenção Produtiva Total.

RESUMO

Esse estudo aplica as metodologias e conceitos disseminados durante o curso de Engenharia e Gestão de Manufatura e Manutenção numa linha de produção de lâmpadas fluorescentes que tem uma política de manutenção baseada em histórico e no sentimento dos mecânicos. São coletadas informações relacionadas ao custo de manutenção atrelado à indisponibilidade dos equipamentos, aos procedimentos adotados nas intervenções corretivas e ao processo de evolução do *know how* do corpo técnico de mantenedores. Essas informações são organizadas de forma clara e objetiva para que se possa ter um melhor entendimento das complexidades envolvidas na gestão atual da manutenção com o objetivo de identificar os pontos mais críticos existentes dentre os equipamentos e aplicar algumas técnicas de manutenção centrada em confiabilidade, tendo como finalidade, diminuir os custos de manutenção e maximizar a disponibilidade dos equipamentos. Ao final do estudo são apresentados os resultados obtidos através das melhorias implantadas na linha de produção em estudo, bem como as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Disponibilidade, linha de produção, gestão da manutenção.

ABSTRACT

This study applies the methodology and concepts developed during the course of Engineer and Management of Manufacture and Maintenance at fluorescent lamps production's line which has its maintenance politics based on history and mechanics feelings. Information regarding maintenance costs linked to the unavailability, procedures used in corrective maintenance and also evolution process of the maintainer's team know how are collected. That information is organized in a clear and objective way to get better understanding about the complexity involved in actual maintenance management in order to identify the worst parts within all equipments and to apply some reliability centered maintenance techniques, getting as target, decrease the maintenance cost and increase the equipment availability. At the end of this study, it is presented the results gathered through improvements implemented in a refereed production line, as well as conclusion and recommendation to be done in the future.

Key words: Availability, production line, management of maintenance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2	OBJETIVOS DO ESTUDO.....	13
1.3	ESCOPO DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	15
2.1	HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	15
2.2	ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO	17
2.2.1	Manutenção preventiva.....	17
2.2.2	Manutenção corretiva.....	18
2.2.3	Manutenção preditiva.....	18
2.3	SELEÇÃO DO MELHOR MÉTODO DE MANUTENÇÃO	19
2.4	FALHA.....	20
2.5	ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA (FMEA)	21
2.6	DISPONIBILIDADE	23
2.6.1	Disponibilidade inerente	23
2.6.2	Disponibilidade operacional.....	24
2.6.3	Disponibilidade técnica	24
3	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	26
3.1	HISTÓRIA DA EMPRESA	26
3.1.1	No mundo.....	26
3.1.2	Brasil	26
3.2	PRODUTOS E ESPECIALIDADES DA EMPRESA	27
3.3	LINHA DE PRODUÇÃO NÚMERO DOIS	28
3.4	INDICADORES EM USO PELA EMPRESA	29
3.4.1	Volume bruto	29
3.4.2	Grau de Aproveitamento da Produção (NG).....	30
3.4.3	Paradas.....	31
3.4.4	Refugo.....	31
3.4.5	Troca de tipo	31
3.4.6	Quarentena.....	32
4	APRESENTAÇÃO DO CASO EM ESTUDO	33
4.1	SISTEMÁTICA DA MANUTENÇÃO	33
4.2	PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PM)	34

4.3	MANTUENÇÃO PROGRAMADA	35
4.4	PLANO DE PROVIDÊNCIAS	37
4.5	MANUTENÇÃO ANUAL	39
4.6	REGISTRO DAS FALHAS	41
4.7	FALHAS COM ALTO IMPACTO	44
5	ANÁLISE E CONCLUSÃO DA SITUAÇÃO ATUAL	46
6	IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS PROPOSTAS	50
6.1	ÁRVORE FUNCIONAL	50
6.2	HISTÓRICO DAS FALHAS	57
6.3	ANÁLISE DAS FALHAS	58
6.4	GRÁFICOS DA LINHA DE PRODUÇÃO	58
6.5	GRÁFICOS DOS EQUIPAMENTOS	59
6.5.1	Relatório das falhas	62
6.6	ATIVIDADES PREVENTIVAS	64
6.6.1	Rodízio dos dispositivos	64
6.6.2	Gerenciamento dos dispositivos sobressalentes	64
6.7	CUSTO DE INDISPONIBILIDADE	67
7	RESULTADOS OBTIDOS	69
8	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, num cenário de economia altamente competitiva e onde as mudanças se sucedem em alta velocidade, cresce a importância de pensar e agir estrategicamente para que a atividade de manutenção industrial se integre de maneira eficaz ao processo de produção, contribuindo para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para ABNT (1994), manutenção é conceituada como: a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisões destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Já o dicionário Aurélio define manutenção como sendo “as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa, ou de uma situação, ou cuidados técnicos indispensáveis para o funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

Alan Kardec e Júlio Nascif (2009) definem manutenção como: garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente com confiabilidade, segurança e custos adequados.

1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Ao final desta monografia, a intenção é concluir que, além da utilização dos controles de monitoramentos já existentes para evitar que as falhas indesejadas aconteçam, existe também uma maneira estruturada e com base científica de se aplicar engenharia de manutenção no gerenciamento das falhas desse equipamento e obter um resultado positivo comparado com o histórico da empresa.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Após a introdução, apresentada neste capítulo, no capítulo II apresentam-se os fundamentos teóricos relacionados à história da manutenção e suas abordagens existentes, à definição de falha e sua análise e à disponibilidade dos equipamentos. No capítulo III será feita uma breve descrição da empresa em estudo, bem como dos produtos manufaturados por ela e os dados históricos relacionados aos indicadores de desempenho.

No capítulo IV, apresentação e contextualização do caso em estudo, expondo as principais características em relação às técnicas de planejamento e programação da manutenção aplicada atualmente, descrevendo, detalhadamente, a sistemática adotada, o plano de manutenção preventiva, as paradas programadas, o plano de providências, o planejamento da manutenção anual e a sistemática de tratamento das falhas.

Já no capítulo V, serão apresentadas a análise e a conclusão da situação atual da empresa por ter adotada tal metodologia na gestão da manutenção dos equipamentos da linha produção em estudo.

O capítulo VI fará uma descrição de algumas melhorias implantadas após uma análise detalhada do caso como a árvore funcional, análise das falhas, gráficos da linha de produção e dos equipamentos e a modificação na metodologia de tratamento das atividades preventivas.

No capítulo VII, serão apresentados os resultados obtidos após a implantação das melhorias e espera-se evidenciar que, com a implantação de tais melhorias, foi capaz de maximizar a disponibilidade dos equipamentos da linha de produção e, consequentemente, reduzir os custos de manutenção.

No capítulo VIII, serão relacionados as expectativas iniciais apresentadas no objetivo do estudo com os resultados obtidos após a implantação da metodologia definida, além da apresentação de sugestões para estudos futuros.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Até a Primeira Guerra Mundial, a manutenção era realizada pelo próprio pessoal de produção, sem treinamento específico e com os recursos disponíveis. Já durante este período, as empresas necessitaram garantir volumes mínimos de produção e começaram a necessitar de reparos nas máquinas no menor tempo possível, surgindo, então, as primeiras equipes de manutenção ou “setores de manutenção”. As manutenções eram puramente corretivas (PALARCHIO, 2001).

Durante a Segunda Guerra Mundial, a carência de mão de obra e o aumento no consumo de bens de consumo motivaram o surgimento da manutenção preventiva e a atividade de manutenção passou a ter uma estrutura tão importante quanto a de operação (PALARCHIO, 2002).

A partir dos anos 60, as condições de funcionamento das máquinas passaram a ser inspecionadas e monitoradas regularmente, de modo a prever o fim de sua vida útil, surgindo a Manutenção Baseada na Condição ou, como é conhecida atualmente, Manutenção Preditiva. Os critérios de previsão de falhas tornaram-se viáveis a partir do desenvolvimento de algumas áreas, tais como: engenharia da confiabilidade; engenharia econômica e estatística; e sistemas de informação com o surgimento dos computadores. Segundo Ebeling (1997), foi nesta época que iniciou a Manutenção Centrada em Confiabilidade ou *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

No início dos anos 70, surgiu no Japão a TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total), adequando-se perfeitamente às exigências de disponibilidade integral das máquinas nos sistemas de produção sem estoques. A TPM promove a integração total entre homem, máquina e empresa, onde a manutenção dos meios de produção passa a constituir-se em preocupação e ação de todos (NETO, 2001).

Nos anos 80 e 90, computadores começaram a ser usados para planejar a manutenção preventiva através da geração de ordens de serviço, controles de inventário, informações históricas, suporte logístico, etc. Além disso, os computadores e os sistemas computadorizados de manutenção proveram um importante suporte à manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF, 2009).

Na primeira geração da manutenção, a indústria não era altamente mecanizada, portanto, os períodos de paralisação à espera de recuperação de falhas não eram muito importantes. A maioria dos equipamentos era simples, e muito deles superdimensionados, tornando-os confiáveis e fáceis de consertar. Consequentemente não era necessária uma manutenção sistemática e a necessidade de habilidades era menor do que é hoje.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por bens de consumo aumentou significativamente, enquanto que a disponibilidade de mão de obra industrial diminuiu. Este fato levou a um aumento na mecanização e à chegada da segunda geração na evolução da manutenção (LAFRAIA, 2001).

Por volta da década de 1950, máquinas de todos os tipos eram mais numerosas e complexas e a indústria começava a depender delas. Verificou-se que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, resultando então no conceito de manutenção preventiva.

Já na segunda geração da manutenção, o custo de manutenção começou a se elevar muito em comparação com os outros custos operacionais, dando início aos sistemas de planejamento e controle de manutenção. O aumento do custo do capital e a quantidade de capital investida em ativos levaram à busca de meios para aumentar a vida útil dos ativos.

Na terceira geração da manutenção, os efeitos dos períodos de paralisação dos equipamentos foram se agravando na manufatura, principalmente pela tendência mundial de utilizar sistemas *Just In Time*, onde estoques reduzidos para a produção em andamento amplificavam o efeito de pequenas paradas na produção. Segundo LAFRAIA (2001), os fatores que motivaram o surgimento de uma terceira geração são: novas expectativas quanto aos itens físicos como a confiabilidade, disponibilidade, integridade ambiental, segurança humana e ao aumento dos custos totais de manutenção; novas pesquisas que evidenciaram a existência de seis padrões de falhas de equipamentos; e surgimento de novas ferramentas e técnicas, tais como o monitoramento de condições dos equipamentos, projeto de equipamento com ênfase na manutenção e ênfase no trabalho em equipe.

2.2 ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção industrial são essenciais para garantir que determinado equipamento continue a desempenhar as funções para os quais foi projetado. Com o tempo e com o uso, é natural que o equipamento venha a apresentar sinais de desgaste podendo culminar em perda de produção, paradas de produção, má qualidade do produto manufaturado e até mesmo apresentar falta de segurança para o operador e poluição ambiental (FILHO, 2000). As manutenções podem ser classificadas em: manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva.

2.2.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva em equipamentos é realizada para manter o equipamento e prolongar sua vida útil. O principal objetivo da manutenção preventiva em equipamentos é evitar ou atenuar as consequências das falhas. Isso pode ser feito impedindo a falha antes que ela ocorra realmente. A manutenção preventiva é planejada para preservar e restaurar a confiabilidade do equipamento, substituindo os componentes desgastados antes que eles realmente se desgastem (XENOS, 2004).

As atividades de manutenção preventiva em equipamentos incluem revisões parciais ou totais em períodos específicos, mudanças de óleo, lubrificação e assim por diante. Além disso, pode-se registrar a deterioração dos equipamentos para que as peças desgastadas sejam reparadas ou substituídas antes que causem desgastes ou falhas do sistema do equipamento. O programa de manutenção preventiva ideal seria evitar qualquer falha do equipamento antes que ela ocorra.

2.2.1.1 Vantagens e desvantagens da manutenção preventiva

A manutenção preventiva é simplesmente uma manutenção programada de equipamentos ou instalações. As tarefas podem variar de acordo com o projeto, mas em geral, inclui limpeza, fazer ajustes nas máquinas, substituição de componentes

que são usados, lubrificarem as partes móveis e checagem de uso e desgaste. Um programa completo terá inspeções regulares, atividades de manutenção programada, de "testes não destrutivos", e reparo ou substituição dos problemas encontrados (TEIXEIRA, 2008).

O agendamento para a manutenção de equipamentos pode ocorrer quando as máquinas estão no menor uso ou quando não estão em uso. A prática de manutenção preventiva planejada traz vários benefícios, dentre eles, tornar as máquinas, quando em uso, menos propensas a quebrar. Se uma máquina parar de funcionar durante o tempo em que está produzindo, a produção permanecerá interrompida até que esta seja reparada. Os funcionários não podem ser produtivos e, muitas vezes, devem receber horas extras depois que o equipamento é reparado. A produção fica atrasada e isso pode causar problemas de serviços ao cliente se tiver um pedido para um determinado número de produtos e não puder entregar no prazo.

2.2.2 Manutenção corretiva

É a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado de determinado equipamento (KARDEC; NASCIF, 2009). Inclui todas as ações para retornar um sistema do estado falho para o estado operacional ou disponível, visa recolocar o equipamento em operação após uma parada por algum tipo de defeito, em outras palavras, restabelecer as condições básicas de funcionamento dos equipamentos. Para tanto, é necessário paralisar o processo produtivo e realizar as atividades, as quais são consideradas como emergencial.

Como essa prática é requerida de maneira inesperada, comumente, o gestor e o time de mantenedores são solicitados a qualquer momento, podendo precisar de recursos que não estão disponíveis para utilização implicando em custos mais elevados.

2.2.3 Manutenção preditiva

Essa política de manutenção permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise utilizando-se de meios de

supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo de manutenção corretiva (ABNT NBR 5462, 1994).

O objetivo principal é prevenir falhas através do monitoramento de parâmetros, medição ou acompanhamento de algumas variáveis intrínsecas aos equipamentos ou sistemas. É a atuação realizada com base em modificações de parâmetro, de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva é a primeira grande quebra de paradigma, pois o acoplamento das condições operacionais dos equipamentos com a aplicação de técnicas adequadas de monitoramento dos diversos parâmetros pode-se assegurar sua disponibilidade para a operação.

2.3 SELEÇÃO DO MELHOR MÉTODO DE MANUTENÇÃO

Uma vez analisadas todas as políticas de manutenção existentes, o objetivo, a partir de agora, é definir qual o método é mais adequado para cada equipamento, uma vez que cada equipamento apresenta diferentes modos de falhas. Segundo CARDOSO (2000), existe quatro tipos básicos de falhas, dependendo do seu comportamento estatístico e a ocorrência de sintomas que possibilitam o diagnóstico antecipado da falha. O dispositivo pode apresentar um comportamento que permite associá-lo a uma função densidade de probabilidade e, de acordo com esta função, ser classificada como aleatória ou não aleatória, além de apresentar um tempo para o desenvolvimento da falha (TDF).

- Falhas aleatórias com TDF;
- Falhas aleatórias sem TDF;
- Falhas não aleatórias com TDF;
- Falhas não aleatórias sem TDF.

Embora seja uma análise superficial, é possível selecionar com rapidez e precisão a prática de manutenção tecnicamente mais adequada para cada tipo de falha (CARDOSO, 2000). Para tanto, é necessário criar uma matriz de decisão para seleção

de uma prática de manutenção com base nas características das falhas e do conceito associado às práticas básicas de manutenção a qual é ilustrada na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Matriz para seleção preliminar das práticas de manutenção (CARDOSO, 2004)

	Falha aleatória	Falha não aleatória
Com TDF	Preventiva	Preventiva/ Preditiva
Sem TDF	Só corretiva	Preventiva

Vale lembrar que em algumas situações em que as práticas de manutenção preventiva ou preditiva são tecnicamente possíveis de serem adotas, talvez não seja economicamente viável, uma vez que o equipamento em questão não seja considerado crítico ou prioritário, nos levando a uma política de manutenção corretiva. Ou seja, atuar na manutenção do equipamento somente após a ocorrência da falha.

Para se chegar a esse ponto, é necessário que se aplique um estudo no qual utiliza uma metodologia de avaliar quantitativamente a criticidade de um equipamento e impacto da falha de cada componente.

Como todo embasamento teórico tangível à engenharia de manutenção tem como objetivo principal reduzir ou até mesmo eliminar a falha de um dispositivo ou equipamento, é necessário entender o que é falha.

2.4 FALHA

Falha é o nome dado à perda da capacidade de um item em realizar sua função específica (FILHO, 2000).

Esse tipo de comportamento pode estar associado a uma perda parcial da sua capacidade, que nesse caso também pode ser conhecido pelo termo avaria, ou sofrer uma perda total da sua capacidade.

Ainda segundo FILHO (2000), a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, de um componente ou de uma máquina de desempenhar sua função em um determinado período de tempo significa que esse item em questão está em estado

de falha e deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item ao estado de indisponibilidade.

2.5 ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA (FMEA)

Uma ferramenta gerencial que ajuda a identificar e priorizar as falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos é a análise de modo e efeito de falhas, cuja sigla do inglês é FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Trata-se de um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e fornece as recomendações para as ações preventivas (KARDEC; NASCIF, 2009). O FMEA se faz necessário quando temos que analisar não só as probabilidades, mas também as consequências das falhas.

Essa metodologia foi inicialmente proposta pelos US *Department of Defense* (1974), e depois se tornou de domínio público, com citações em diversos livros e artigos (PALADY, 2004). O FMEA num sistema se preocupa em tratar as falhas potenciais e gargalos no processo global.

Num FMEA feito com propriedade, um sistema é destrinchado até chegar ao dispositivo, e para cada dispositivo, são analisados seus modos de falha e as consequências atreladas à ocorrência destes (dispositivo deve ser entendido como sendo a última parte de uma árvore funcional, não necessariamente deve ser uma peça, dependendo do equipamento, pode ser um conjunto).

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), o FMEA é fundamentalmente a medida do risco de uma falha e que quanto mais pessoas estiverem envolvidas na definição da taxa de risco, mais preciso será o resultado. Para tal análise, alguns conceitos são necessários serem esclarecidos:

- CAUSA – é o meio pelo qual um elemento particular do projeto ou processo resulta em um Modo de Falha.
- EFEITO – é uma consequência adversa para o consumidor ou usuário. Consumidor ou usuário pode ser a próxima operação ou o próprio usuário.
- MODOS DE FALHA – são as categorias de falha que são normalmente descritas.
- FREQUÊNCIA – é a probabilidade de ocorrência da falha.

- GRAVIDADE DA FALHA – indica como a falha afeta o usuário ou o cliente.
- DETECTABILIDADE – indica o grau de facilidade de detecção da falha.
- ÍNDICE DE RISCO OU NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO (NPR) – é o resultado do produto da Frequência pela Gravidade da Falha pela Detectabilidade (facilidade de detecção). Esse índice determina a prioridade de risco da falha.

$$NPR = Frequência \times Gravidade \times Detectabilidade$$

2.1

Para a determinação dos pesos das parcelas que compõem o NPR é necessária a utilização da tabela 2.2 onde são apresentados os respectivos componentes de cálculo do NPR.

Tabela 2.2 – Informações para determinação do número de prioridade de risco (NPR)

Componente do NPR	Classificação	peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
GRAVIDADE DA FALHA G	Apenas perceptível	1
	Pouca importancia	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Em conjunto com a tabela de determinação do NPR também se faz necessária a utilização de um formulário para o registro e acompanhamento da análise FMEA.

Um modelo dessa tabela é apresentado na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Formulário para acompanhamento do FMEA

2.6 DISPONIBILIDADE

O termo disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.6.1 Disponibilidade inerente

Esse indicador de desempenho leva em consideração somente o tempo de reparo dos equipamentos, excluindo assim todos os demais tempos relacionados à logística, ao tempo de espera dos sobressalentes a serem utilizados, ao deslocamento de maquinário ou ferramentas, etc.

Dessa maneira, o termo “inerente” refere-se às características intrínsecas da disponibilidade em questão.

$$Disponibilidade Inerente (\%) = \frac{TMEM}{TMEM + TMPR} \times 100 \quad 2.2$$

Onde:

TMEM = é o tempo médio entre manutenções (em inglês MTBF – *Mean Time Between Failure*);

TMPR = é o tempo médio para reparos (em inglês MTTR – *Mean Time To Repair*).

2.6.2 Disponibilidade operacional

Podemos considerar que a disponibilidade que mais interessa para a empresa é a disponibilidade operacional, uma vez que esse tipo de disponibilidade mostra realmente o tempo em que o equipamento esteve disponível para gerar um produto. A fórmula 2.3 representa a disponibilidade operacional de um equipamento e é medida em percentual.

$$Disponibilidade Operacional (\%) = \frac{TMEM}{TMEM + TMPRativo} \times 100 \quad 2.3$$

Onde:

TMEM = é o tempo médio entre manutenções (em inglês MTBF – *Mean Time Between Failure*);

TMPRativo = é o tempo médio para reparos (em inglês MTTRactive – *Mean Time To Repair*).

2.6.3 Disponibilidade técnica

Já para a engenharia de manutenção, o termo disponibilidade técnica é o indicador considerado de maior importância, uma vez que não consideram os tempos adicionais de logística, esperas, atrasos, etc., mas inclui as manutenções tanto corretivas quanto preventivas. A disponibilidade técnica é uma medida em percentual do tempo médio em que o equipamento esteve disponível para as equipes técnica e produtiva, ou seja, produção e manutenção. Segue a seguir a

fórmula para se calcular a disponibilidade técnica do equipamento.

$$\text{Disponibilidade Técnica (\%)} = \frac{\text{TMEM}}{\text{TMEM} + \text{TPRativo}} \times 100 \quad 2.4$$

Onde:

TMEM = é o tempo médio entre manutenções;

TPRativo = é o tempo médio para reparos.

Como foi visto anteriormente, o termo disponibilidade pode possuir diversas derivações com suas particularidades, as quais devem ser estudadas e entendidas a fim de definir qual delas será mais bem aplicada. Esse número é, todavia, um excelente indicador para mostrar a eficiência num determinado processo produtivo, seja relacionada à produção ou à manutenção.

Dentre uma relação de indicadores de desempenho existentes numa companhia com atividades industriais, outro indicador também considerado de suma importância é aquele que traz o tempo em que o equipamento ficou indisponível para a produção devido a uma necessidade emergencial da equipe de manutenção, ou até mesmo, uma quebra de equipamento. Em outras palavras, o equipamento encontra-se em estado de falha.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1 HISTÓRIA DA EMPRESA

3.1.1 No mundo

Com o advento do fim da Primeira Guerra Mundial, o mundo se encontra em momento de voltar sua atenção para o desenvolvimento, entre outros, tecnológico. Neste contexto surge a marca RA&AT Ltda. que foi patenteada em 1906 no Departamento Imperial de Patentes da Alemanha pela Brendem. Em 1919, as empresas Ramerstd e Atlicht fundam uma sociedade, a RA&AT Ltda. Neste mesmo ano adquire uma mina de carvão e uma fábrica de vidro e aumenta consideravelmente sua produção para cerca de 30 milhões de bulbos para fabricação de lâmpadas incandescentes e 100 toneladas de tubos de vidro. Já em 1922 a RA&AT Ltda. passa a distribuir seus produtos para o país.

Durante a segunda guerra mundial, a empresa teve seus projetos, arquivos, maquinários e laboratórios bombardeados, saqueados e incendiados. Em 1945, com a ajuda de 25 funcionários tem sua produção reiniciada. Na década de 50, reassume seu posto no mercado. Em 1955, funda sua fábrica no Brasil, em São Paulo. Nas décadas seguintes, passa a investir em tecnologia e em fabricar seus próprios maquinários.

Hoje a empresa é uma das maiores fabricantes mundiais. Já são 35 fábricas em 19 países e muitas *joint-ventures*. Seus produtos são distribuídos em 140 países.

3.1.2 Brasil

As primeiras máquinas para lâmpadas incandescentes chegaram ao país em 1956 e em quatro meses as máquinas estavam operando. Houve dificuldades como o fornecimento de gás que acabou solucionado com a construção de uma fábrica de gás própria. Com o crescimento econômico, a empresa foi ampliada, iniciou-se a fabricação de lâmpadas fluorescentes e incandescentes de alta voltagem. Em 1964,

a fábrica do Brasil passou a exportar para a Argentina.

Ao longo dos anos, o portfólio da empresa aumentou e passou-se fazer também lâmpadas refletoras, lâmpadas de freio com filamento duplo, lâmpadas decorativas, lâmpada com descarga de alta pressão, lâmpadas com luz similar a luz do dia e lâmpadas alógenas incandescentes.

3.2 PRODUTOS E ESPECIALIDADES DA EMPRESA

Segue a seguir, na tabela 3.1, uma breve descrição dos principais produtos fabricados pela empresa em estudo ao longo de sua história no Brasil.

Tabela 3.1 – Descrição dos produtos fabricados

CLASSE DA LÂMPADA	DESCRÍÇÃO
Incandescente	Lâmpadas clássicas de uso residencial, lâmpadas decorativas para lustres, lâmpadas com acabamento sílico que reduz ofuscamento, lâmpadas com fachos de luz definido através do tratamento espelhado do bulbo.
Alógena	Lâmpadas econômicas que não precisam de transformador, lâmpadas com refletores, iluminação dirigida para decoração com luminárias.
Fluorescente Compacta	Estes modelos são ideais para qualquer tipo de ambiente. São econômicas e existem em diversos modelos, para iluminação constante, em formato miniatura, com bulbo triplo ou em formato espiral.
Fluorescente Tubular	Modelos para áreas comerciais com pé direito duplo devido a característica de iluminarem 50% a mais se comparado com outros modelos de mesma potência.
Multivapor Metálico	Tubo de descarga cerâmico de iluminação externa, interna, com refletor e focalizada, lâmpadas com tubo de tecnologia de quartzo para luz extremamente brilhante, voltadas para iluminação pública.

3.3 LINHA DE PRODUÇÃO NÚMERO DOIS

O esquema apresentado na figura 3.1 é uma representação da linha de produção que está sendo executado o estudo de caso, assim como a identificação numérica de cada etapa do processo de fabricação das lâmpadas fluorescentes.

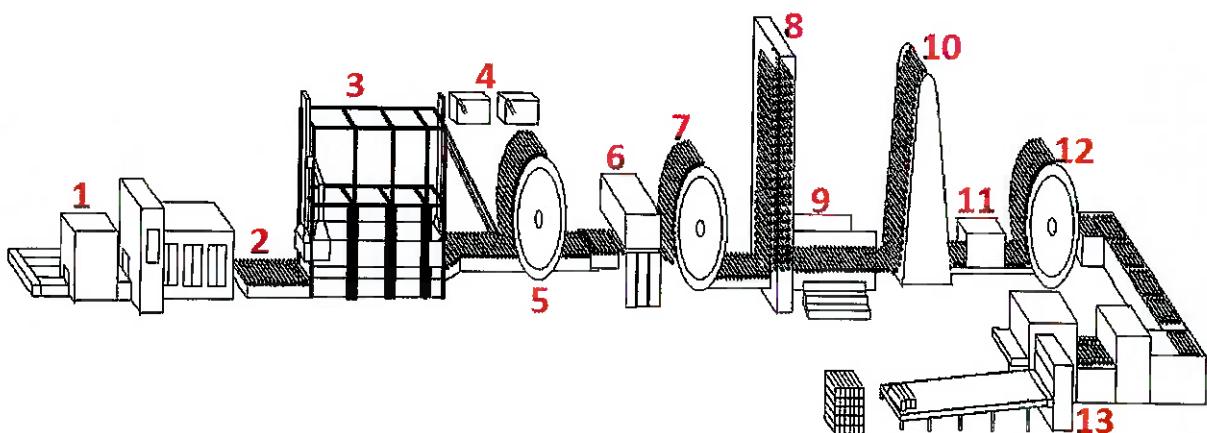


Figura 3.1 – Linha de produção número dois

- 1) Pintura do tubo de vidro com uma mistura de vários componentes fluorescentes em forma de pó, com composição e quantidades variadas, de acordo com a cor luminotécnica desejada;
- 2) Gravação do carimbo com as características da lâmpada. A máquina é alimentada manualmente com os tubos e segue através de um leito carroçável;
- 3) Aquecimento em alta temperatura dos tubos para que os líquidos evaporem e deixe nas paredes dos tubos apenas o pó fluorescente responsável pela coloração final da luz que será emitida pela lâmpada;
- 4) Acontece a montagem e alimentação dos componentes eletrônicos nos dois lados do bulbo;
- 5) Os componentes eletrônicos são selados nas extremidades do bulbo;
- 6) Ocorre o pré-aquecimento do bulbo e preparação para a próxima etapa;
- 7) Ocorre a exaustão do ar e das impurezas dos processos anteriores. Os bulbos são preenchidos com argônio e mercúrio e as extremidades do bulbo,

- agora chamada de lâmpada, são fechadas;
- 8) Inserção dos condutores nos pinos das bases já com massa;
 - 9) Ocorre a introdução da massa colante na base das lâmpadas para as etapas posteriores;
 - 10) As bases recebem um superaquecimento responsável pela cura da massa nelas depositadas;
 - 11) A lâmpada recebe uma película externa de silicone que auxiliará no seu acendimento;
 - 12) Ocorre o envelhecimento do filamento dos componentes eletrônicos, necessário para suportar a primeira partida de acendimento da lâmpada;
 - 13) As lâmpadas, agora prontas, passam por esta máquina apenas para serem embaladas.

3.4 INDICADORES EM USO PELA EMPRESA

As informações dos indicadores de desempenho que serão apresentados nesse estudo referem-se aos dados básicos da empresa adotados durante o exercício de 2011, quando se iniciou o estudo deste caso. Essas informações são importantes para efetuar o cálculo estimado das perdas em paradas dos equipamentos por uma falha ou para execução de uma atividade planejada.

3.4.1 Volume bruto

Representa a quantidade bruta de produção do equipamento, levando em consideração sua utilização de 100%.

$$Volume\ bruto\ mensal = LE \times Horas\ trabalhadas$$

3.1

Onde:

LE = é a velocidade do equipamento em lâmpadas/hora;

Horas trabalhadas = é quantidade de horas trabalhadas por dia.

A quantidade de horas diárias trabalhadas varia de acordo com o plano de turnos mensal utilizado, detalhado na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Média de horas trabalhadas por mês em sistema de turnos

Quantidade de turnos de trabalho	1	2	3	4
Horas trabalhadas/mês (bruto)	236	380	572	720

3.4.2 Grau de Aproveitamento da Produção (NG)

Esse número traduz a eficácia da linha de produção nº2, ou seja, é a quantidade de lâmpadas embaladas disponíveis para o cliente comparado ao volume bruto de produção. O grau de aproveitamento, por se tratar de um indicador que acompanha a quantidade de lâmpadas disponível para serem vendidas, torna-se um indicador de extrema importância e é acompanhado por diversos setores da companhia. A fórmula 3.3 traz o detalhamento do cálculo do grau de aproveitamento.

$$NG (\%) = \left(\frac{Entrada}{Volume\ bruto} - Refugo - Recontrole - Paradas - Troca\ de\ tipo \right) \times 100 \quad 3.2$$

Onde:

Entrada = é a quantidade de bulbos que entraram no processo produtivo durante um dia para serem transformadas em lâmpada;

Volume bruto = é a quantidade bruta de lâmpadas que a linha de produção nº2 é capaz de fazer durante um dia de produção;

Vale ressaltar que esse indicador de desempenho é composto por diversas variáveis além das paradas de máquinas, logo, ele é acompanhado pela equipe de manutenção, porém não serve como referência para medir a eficácia de manutenção.

3.4.3 Paradas

É o tempo em que o equipamento está sendo utilizado pela equipe de manutenção, executando atividades preventivas ou corretivas. Como será visto em seguida na fórmula 3.4, esse indicador é medido em percentual.

$$Paradas (\%) = \frac{Falhas \times LE}{Volume\ bruto} \times 100 \quad 3.3$$

Onde:

Falhas = é o tempo em que o equipamento parou de produzir para sofrer uma intervenção pela equipe de manutenção;

3.4.4 Refugo

É uma relação entre o valor acumulado de lâmpadas rejeitadas em todas as etapas do processo ao longo da linha de produção e o volume de lâmpadas que entraram no processo.

$$Refugo (\%) = \frac{Rejeitadas}{Entrada} \times 100 \quad 3.4$$

Onde:

Rejeitadas = é a quantidade de lâmpadas que foram rejeitadas ao longo do processo produtivo;

3.4.5 Troca de tipo

Troca de tipo é o nome dado ao percentual total gasto para a equipe de produção efetuar a troca do ferramental dos equipamentos para a iniciação da produção de um novo produto. Esse valor pode variar de acordo com a quantidade de trocas de

tipo realizadas ao longo de cada mês.

$$\text{Troca de tipo (\%)} = \frac{\text{Tempo de troca} \times \text{LE}}{\text{Volume bruto}} \times 100 \quad 3.5$$

Onde:

Tempo de troca = é o tempo despendido para a mudança de produto produzido na linha de produção nº2;

3.4.6 Quarentena

É o nome dado ao valor percentual de lâmpadas que foram rejeitadas após a atividade de recontrole 100% de uma determinada produção. Esse recontrole 100% acontece nos casos em que alguma anormalidade tenha sido encontrada pelo departamento de qualidade durante a inspeção amostral final. Esse indicador também representa diretamente o refugo de produto, porém, é um número que só aparece após o processo produtivo.

$$\text{Quarentena (\%)} = \frac{\text{Rejeitadas quarentena}}{\text{Entregue}} \quad 3.6$$

Onde:

Rejeitadas quarentena = é a quantidade de lâmpadas que foram rejeitadas após o recontrole de 100% de uma determinada quantidade de lâmpadas;

Entregue = é a quantidade de lâmpadas disponíveis para o cliente;

4 APRESENTAÇÃO DO CASO EM ESTUDO

Segue a partir daqui as características intrínsecas da linha de produção nº2 em estudo. O objeto em questão trata-se de um processo de fabricação de lâmpadas fluorescentes o qual seus equipamentos operam com velocidade constante, em regime de turnos, 24 horas por dia e durante 30 dias por mês, em média.

Com esse regime, a linha de produção nº2 deveria produzir de maneira ininterrupta e parar somente em momentos definidos previamente e por período pré-determinado apenas para executar as atividades de manutenção preventiva. Essa parada é chamada de manutenção programada e as atividades planejadas a serem executadas seguem uma sistemática adotada por todas as outras plantas do grupo espalhadas pelo mundo e serão descritas no detalhe ao longo desse capítulo.

A empresa em questão utiliza uma política de manutenção voltada à abordagem preventiva, com intervenções que acontecem baseadas no tempo de funcionamento dos equipamentos.

4.1 SISTEMÁTICA DA MANUTENÇÃO

Como a manutenção é um quesito fundamental para definir a posição de uma empresa quanto a sua competição no mercado internacional, a empresa em questão adotou uma sistemática de trabalho baseada numa abordagem preventiva que, dentro da organização, visa aumentar a disponibilidade dos equipamentos e reduzir o custo de produção intrínseco às falhas corretivas dos dispositivos.

Essa sistemática nada mais é que uma técnica adotada pelos gestores da manutenção e produção e que engloba todos os elos da manufatura, desde o operador de cada equipamento como os gestores de manutenção e produção.

Durante os momentos de produção, ou seja, enquanto os equipamentos estiverem produzindo, o mecânico de produção executa algumas atividades de inspeção que visa identificar quaisquer irregularidades quanto ao funcionamento dos equipamentos.

4.2 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PM)

O mantenedor se utiliza do PM (plano de manutenção) para as atividades de inspeção. Esse plano é constituído por todas as atividades preventivas executadas em campo, traz também o equipamento e o conjunto que deve ser inspecionado, bem como o tempo necessário para execução de cada atividade.

O planejador da manutenção utiliza-se do módulo PM de um software chamado SAP para a criação e gerenciamento do plano de manutenção. Na figura 4.1 observa-se um exemplo do PM utilizado.

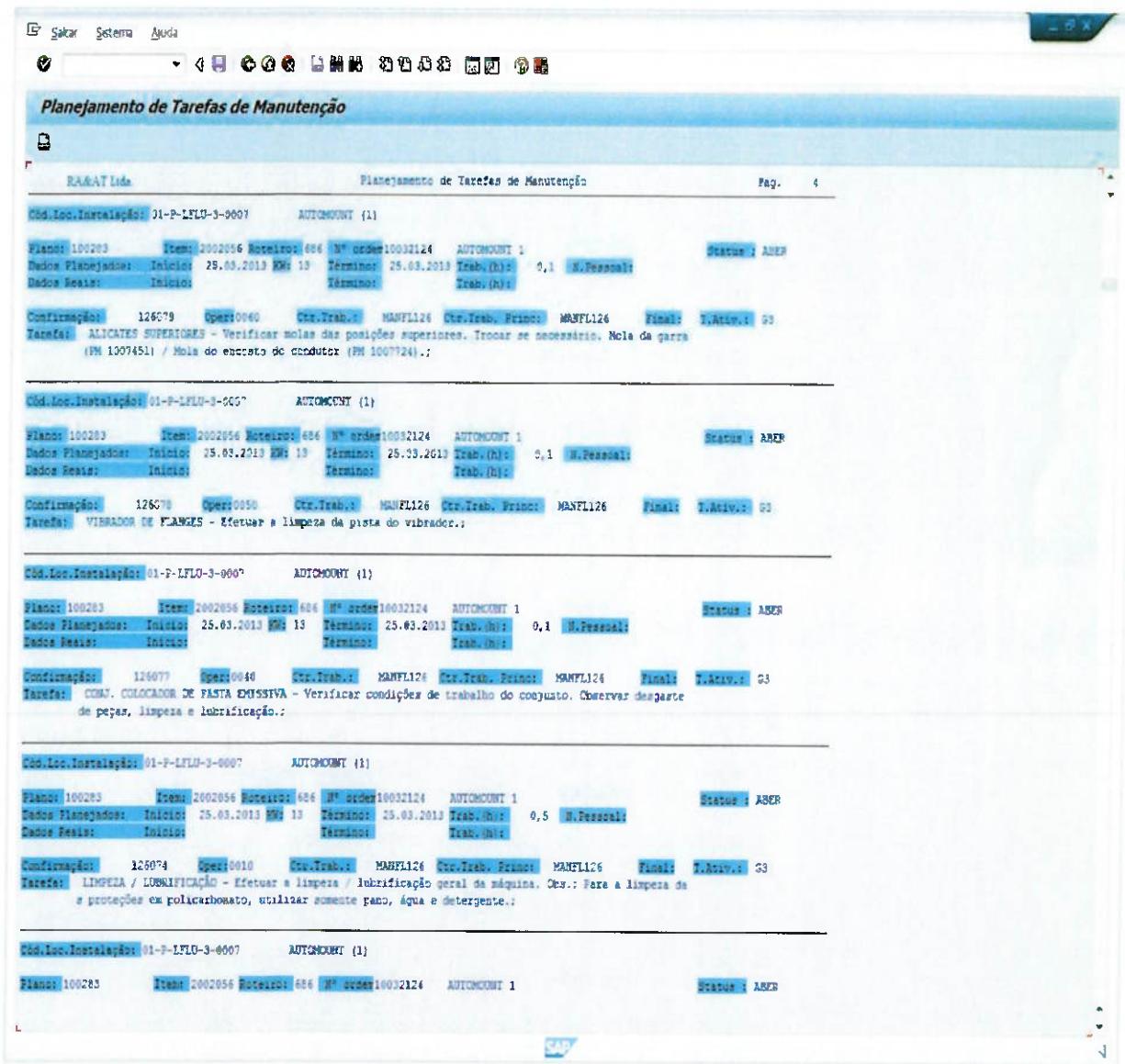


Figura 4.1 – Atividades preventivas dos equipamentos

Depois de completada a inspeção semanal, as anomalias passíveis de serem resolvidas ainda com o equipamento em movimento são corrigidas imediatamente, desde que não haja um risco ao mecânico, ao meio ambiente ou até mesmo ao equipamento. Essa ação evita a propagação da anomalia anulando o desenvolvimento de uma futura falha e a necessidade de uma manutenção corretiva. Por outro lado, quando essa anomalia é de caráter crítico, ou seja, é necessária a parada do equipamento para o reparo e consequentemente a parada da linha de produção, a atividade de reparo é inserida no plano de manutenção programada através do engenheiro de manutenção. Dessa maneira, a atividade será programada levando em consideração quais os recursos serão necessários para a execução de tal atividade de maneira mais eficaz, tanto para a manutenção quanto para a produção – menor tempo de linha parada e um custo ótimo de manutenção.

4.3 MANTUENÇÃO PROGRAMADA

O plano de manutenção programada é criado a partir das inspeções e é apresentado a seguir na figura 4.2.

R&AT Ltda.		LINHA FLUORESCENTE n°2			PLANO DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA			CC. : 261026			KW _42			Resp.: Gutenheg		
Item	Máquina	TAREFAS			Planejamento			Data			Tempo Estim. Real (h)			Observações		
		Setor	Executante													
1	Geral	Execução do plano de lubrificação (PM)	SIL	Alberto	21/out		5,5									1
2	Montadora Automática n°1	Verificar folga no eixo da garra (pegador de T.d.V)	UTPF	Ronaldo	21/out		1,0									1
3	Montadora Automática n°1	Verificar ruído (redutor de transmissão - caixa de açoço)	UTPF	Ronaldo	21/out		2,0									1
4	Montadora Automática n°1	Escovar alicates inferiores	UTPF	Ronaldo	21/out		0,5									1
5	Montadora Automática n°1	Efetuar limpeza dos aspiradores de condutores	UTPF	Ronaldo	21/out		1,0									2
6	Montadora Automática n°2	Escovar alicates inferiores	UTPF	Ronaldo	21/out		0,5									2
7	Montadora Automática n°2	Efetuar limpeza dos aspiradores de condutores	UTPF	Ronaldo	21/out		1,0									3
8	Descarga do Formo	Checkar nível de óleo no redutor de transmissão do encoder	SIL	Alberto	21/out		0,5									1
9	Descarga do Formo	Verificar mancal de rolagem (transmissões - eixo quadrado)	UTPF	Carlos	21/out		0,5									1
10	Saladora	Efetuar limpeza da máquina	UTPF	Teodoro	21/out		1,5									1
11	Saladora	Retirar os anéis das camisas das cabeças	UTPF	Carlos	21/out		1,0									2
12	Saladora	Escovar maçanetas e mount-pins	UTPF	Carlos	21/out		1,5									3
13	Saladora	Lubrificar mount-clips com graxa	UTPF	Carlos	21/out		1,0									3
14	Saladora	Efetuar rodízio de cabeça (L.C.C)	UTPF	Carlos	21/out		1,0									3
15	Saladora	Efetuar rodízio de mount-clips (L.C.C / L.S.C)	UTPF	Carlos	21/out		1,0									4
16	Exaustora	Substituir buchas (lado flush)	UTPF	Trinca	21/out		1,0									1
17	Exaustora	Substituir filtros (lado Exaustora)	UTPF	Trinca	21/out		1,5									1
18	Exaustora	Efetuar limpeza dos maçanicos	UTPF	Trinca	21/out		2,0									2
19	Exaustora	Substituir dedos de contato danificados	UTPF	Trinca	21/out		1,0									3
20	Exaustora	Executar plano de manutenção (PM) - Inspeção	UTPF	Trinca	21/out		0,5									1
21	Fiação	Substituir corrente de transmissão "redutor / cx. avanço" (L.S.C / L.C.C.)	UTPF	Evandro	21/out		1,0									1
22	Fiação	Reposicionar as calhas coletoras de condutor contato	UTPF	Evandro	21/out		1,0									2
23	Fiação	Verificar desgaste no garfinho (L.S.C / L.C.C.)	UTPF	Evandro	21/out		1,0									2
24	Fiação	Substituir conjunto crimpador (L.C.C.)	UTPF	Evandro	21/out		1,5									3
25	Baseadora	Efetuar rodízio dos alicates	UTPF	Evandro	21/out		1,5									1
INÍCIO DA PARADA PROGRAMADA = 13:00												TOTAL			ORIENTADOR-	
MÉCANICOS		TA-	TB-	TC-										ENG. MANUTENÇÃO		

Figura 4.2 – Plano de manutenção programada

A manutenção programada nada mais é que a parada total de todos os equipamentos da linha de produção semanalmente por um período de 4 (quatro) horas para a execução das atividades já planejadas anteriormente. Após esse período, a linha de produção é considerada devolvida à produção, quando se inicia o sequenciamento produtivo.

Além das inspeções, o plano de manutenção programada também é constituído por outras atividades preventivas que são geradas automaticamente através do PM, atividades essas que devem ser planejadas e programadas para serem executadas especificamente em momentos de parada da linha de produção.

4.4 PLANO DE PROVIDÊNCIAS

Há ainda uma terceira possibilidade referente às consequências das atividades de inspeção executadas em campo, àquelas em que a atividade de reparo da anomalia depende de um ou mais recursos que não se encontram disponíveis já para a próxima manutenção programada, ou ainda, em que demandem um tempo de execução maior que 4 (quatro) horas - tempo de parada da linha de produção para execução das atividades programadas de manutenção.

Nesse caso, a aquisição dos recursos necessários e a atividade de reparo da anomalia são inseridas no plano de providências. Na figura 4.3 são apresentados os detalhes do plano de providências.

	RA&AT Ltda. PLANO DE PROVIDÊNCIAS	CC.: 261026				EMITENTE: GUTENBERG			
Máquina	OBJETIVOS / TAREFAS	*PROJETO*				*EXECUÇÃO*			Resultados/Observações
		Setor	Planj	Real	Req. Compra	Setor	Planj	Real	
ZI's 18	Adquirir chaveta des n°9620789	M	UTSU/C	20/01/2011		10064423		14/03/2013	
ZI's 18	Adquirir eixo des n°9620788	M	UTSU/C	20/02/2013		10065523		28/03/2013	
Aut 1	Substituir eixo de articulação do braço (Cj. Prensa)	M	UTPF	29/01/2013		UTPF			Atividade à ser executada durante Manutenção Anual
Aut 2	Verificar embuchamento do braço (Cj. Prensa)					UTPF			
Aut 2	Adquirir correntes de transmissão dos cjs fita de capa	M	UTPF	26/08/2011		UTPF			
Aut 2	Adquirir peças para revisão dos conjuntos de amarrar condutores	M	UTPF	02/09/2011		UTPF			
Sil. T.D.V.	Adquirir resistência 900W/300V	M	UTSU/C	15/01/2012		10063705	UTPF	27/01/2013	
Pulmão 1	Substituir acoplamento das transmissões - 9648754	M	UTPF	10/07/2012		-	UTPF		Atividade à ser executada durante Manutenção Anual
Pulmão 2	Adquirir posições reservas para correntes	M	UTPF	10/07/2012		UTPF			
Desemb.	Recuperar estrutura do conjunto basculante	M	UTPF	29/01/2013		-			Base da estrutura desalinhada, comprometendo a alimentação de bulbos na gôndola
Desemb.	Estudar / modificar roda alimentadora do magazine de bulbos	M	UTPF	29/01/2013		-			
Coating	Inserir no PM atividade de revez. das bombas de alimentação de pasta	M	UTPF	20/05/2011		-	UTPF		
Coating	Fazer revisão do cabeçote de pintura reserva	M	UTPF	08/04/2012		-	UTPF		
Descarga do Forno	Adquirir flange de apoio dos rolamentos (redutor de transmissão - encoder)	M	UTSU/C	04/11/2012		10060132		05/12/2012	Aguardando chegada das peças (item importado)
Forno	Recuperação dos maçaricos reservas.	M	UTE0	04/03/2011		-	UTE0		
Forno	Adquirir motores reservas (giro e avanço dos rolos)	M	UTPF	04/03/2010			UTPF		
Sealer	Colocar eixo do mount pin da cabeça em estoque	M	UTPF	26/08/2011		-	UTPF		
Sealer	Adquirir correntes reservas para os mount clip's (WIS)	M	UTSU/C	26/08/2011	17/12	10052343	UTPF		
Sealer	Adquirir válvula solenoide para chama alta de oxigênio	U	UTSU/C	11/03/2012	11/12	10050873	UTPF		
Sealer	Liberar carcaças para conjuntos mount clijs	M	UTPF	26/08/2011			UTPF		chegado do pedido 20/04/13
Sealer	Adquirir grampo 1/2" importado OSI para as mangueiras das cabeças.	M	UTSU/C	29/01/2013		10066464 ped4550016099	UTPF	30/08/2013	
Continuidade	Reisar acoplamento da corrente LC. (ajuste fixo)	M	UTPF	20/05/2011		-	UTPF		
Continuidade	Substituir régua das "tesouras" de transferência de lâmpadas	M	UTPF	10/07/2012		-	UTPF		Atividade à ser executada durante Manut. Programada
Exaustora	Adquirir arruelas de vedação (Cabeças Exaustora)	M	UTSU/C	16/12/2012		10063439		14/02/2013	
Exaustora	Adquirir destiladores de mercúrio	M	UTSU/C	23/12/2012		10063683/4	UTPF	14/02/2013	
Exaustora	Adquirir rodízios (tambor "STEM COLLECTOR")	M	UTSU/C	15/01/2013		10065036	UTPF	14/02/2013	
Exaustora	Adquirir transferidor intermediário reserva para os dois lados	M	UTPF	18/03/2010			UTPF		
Exaustora	Adquirir rolamentos especiais do schieber (R\$29500,00/par)	M	UTPF	12/02/2011			UTPF		
Fiação	Adquirir mola do conjunto dos garfinhos	M	UTSU/C	14/10/2011		10039411	UTPF	16/11/2011	
Fiação	Adquirir molas de tração (Cj. cripadadores)	M	UTSU/C	16/12/2012		10063443/4	UTPF	31/01/2013	Des n°26-73-01 - 0318 Des n°26-73-01 - 0346
Fiação	Adquirir molas de tração (Cj. Alimentador de bases)	M	UTSU/C	16/12/2012		10063441	UTPF	31/01/2013	Des n°V22-352-1865
Fiação	Adquirir parafuso ALLEN com cabeça #10x32 x 1.1/4" (Corj. cripadador)	M	UTSU/C	16/12/2012		10063737	UTPF	12/03/2013	
Baseadora	Substituir conjunto completo de correntes do transportador horizontal de alimentação de lâmpadas.	M	UTPF	13/05/2012		-	UTPF		Atividade à ser executada durante Manutenção Anual
Baseadora	Substituir kit de engrenagens do redutor planetário	M	UTPF	22/07/2012		-	UTPF		Atividade à ser executada durante Manutenção Anual
Sist. Rejeição	Confeccionar desenho de chaveta do eixo de transmissão da corrente	M	UTPF	20/05/2012		-	UTPF		Chaveta segmentada, confeccionar desenho (Luis Dalgas)
Sist. Rejeição	Criar plano PM para novo sistema de rejeição	M	UTPF	20/05/2012	37/11	-	UTPF		37/11 Plano criado, falta ativação por Carlos Fernando
Sist. Rejeição	Criar novo local de instalação e lista técnica do sistema de rejeição	M	UTPF	02/09/2011		-	UTPF		
Encartuch.	Conexão FESTO GRLA 1/8 B	M	UTSU/C	02/09/2011	12/12	10049478	UTPF	11/04/2012	
Geral	Adquirir ferramentas para os mecânicos(jogo ch. abatada pol. + Ch. indesa)	M	UTSU/C	11/03/2012		10064421	UTPF	11/02/2013	

Figura 4.3 – Plano de providências da linha de produção n°2

Esse plano é considerado como um plano de gestão da manutenção de médio prazo e é monitorado também no nível de diretoria. Esse plano é extremamente dinâmico e constituído pela aquisição de todos os materiais necessários para a execução das atividades de reparo das anomalias, bem como o prazo de chegada desses materiais e o detalhamento de todos os outros recursos necessários.

Além das aquisições de materiais, o plano de providências também traz as atividades que só podem ser executadas numa parada total da linha de produção com tempo muito superior à parada da manutenção programada citada na seção 5.3. A maioria das atividades que compõe o plano de providências é executada durante as manutenções anuais.

4.5 MANUTENÇÃO ANUAL

A manutenção anual acontece apenas uma vez ao ano e consistem na parada de toda a linha de produção por um período de 30 dias corridos. Logo, todas as atividades de manutenção que são consideradas como grandes atividades, ou seja, com tempo de execução superior ao tempo de parada para manutenção programada, são planejadas e programadas para acontecer durante essa parada.

Por se tratar de um momento em que há um grande volume de atividades acontecendo e aproximadamente 12 (dez) mecânicos atuando em diferentes pontos da linha de produção simultaneamente, a manutenção anual é tratada como um projeto pela equipe de manutenção, desde a aquisição dos materiais que serão utilizados nas atividades até a criação e validação do cronograma detalhado para cada atividade a ser executada.

A seguir, na figura 4.4, é apresentado um exemplo do planejamento da manutenção anual da linha de produção em estudo no ano de 2012. Essa tabela é composta pelo detalhamento das atividades de manutenção dos equipamentos que não foram passíveis de restauração ou substituição durante todo o ano produtivo.

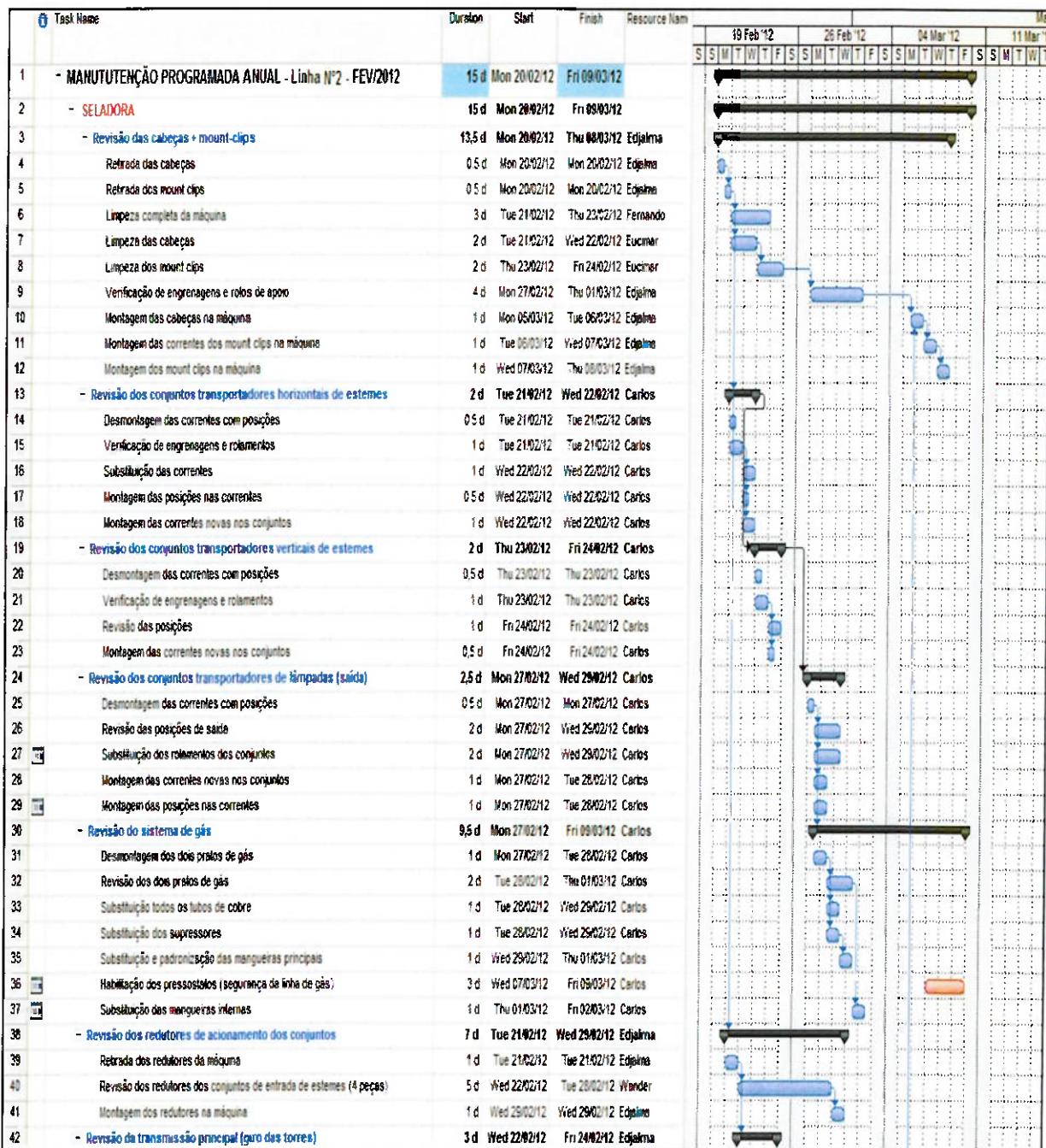


Figura 4.4 – Cronograma da manutenção anual 2012 da máquina Seladora

Apesar de a empresa em estudo se utilizar de uma abordagem preventiva para proteger seus equipamentos contra as falhas que não foram previstas, indesejavelmente, algumas falhas ainda acontecem, o que prejudica o índice de disponibilidade da linha de produção em estudo afetando diretamente no custo de produção e de manutenção.

4.6 REGISTRO DAS FALHAS

Vislumbrando um melhor acompanhamento e controle das falhas ocorridas que diminuem a disponibilidade dos equipamentos, existe a técnica de registro das falhas que consiste no apontamento detalhado das informações pertinentes à falha, esse registro é feito pelo mecânico em campo. De acordo com a figura 4.5, observa-se o formulário do registro das falhas e das ocorrências que acontecerem na linha de produção n°2.

C.CUSTO 2126		RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS				DATA: / /	
Refugo de esterços: 3,0%			Refugo de lâmpadas: 6,0%			Grau de Aproveitamento: 88,0%	
Horário	Máq.	Conjunto / Outros	Tempo (min.)		Ocorrências		Mecânico
			Contr.	Mec.	Ocorrências		
22:00 às 23:00							
23:00 às 24:00							
24:00 às 01:00							
01:00 às 02:00							
02:00 às 03:00							
03:00 às 04:00							
04:00 às 05:00							
05:00 às 06:00							
Tempo total de paradas no turno							
06:00 às 07:00							
07:00 às 08:00							
08:00 às 09:00							
09:00 às 10:00							
10:00 às 11:00							
11:00 às 12:00							
12:00 às 13:00							
13:00 às 14:00							
Tempo total de paradas no turno							
14:00 às 15:00							
15:00 às 16:00							
16:00 às 17:00							
17:00 às 18:00							
18:00 às 19:00							
19:00 às 20:00							
20:00 às 21:00							
21:00 às 22:00							
Tempo total de paradas no turno							
Tempo total de paradas no dia							

Figura 4.5 – Formulário em papel de registro das falhas e ocorrências

Durante o registro da falha, é informado o nome dos mecânicos envolvidos nessa ocorrência, o momento em que a falha ocorreu, qual dispositivo falhou, quanto tempo foi necessário para a execução do reparo - seja ela uma restauração ou uma substituição - e as informações detalhadas da ocorrência, ou seja, trata-se da descrição detalhada do modo de falha, os sintomas de detecção da falha, se houver, e o que foi feito para trazer o equipamento às suas condições normais de projeto e ao restabelecimento das atividades produtivas.

Após o apontamento de todas as informações num formulário diário de papel, todas as informações são transferidas para uma planilha informatizada, a qual é utilizada pelo planejador da manutenção como banco de dados para análise de médio e longo prazo das falhas de cada equipamento e seus respectivos dispositivos.

A figura 4.6 é a planilha informatizada do formulário de registro das falhas da linha de produção n°2.

Data	Mão de obra	MÁQUINA	CONJ.	HORA	FALHAS / OCORRÊNCIAS - Outubro de 2012
01/out		Montagem Automática 1	Entrada de flange	0,6	Parada para trocar a borrachinha do pino de entrada e feito regulagem da altura da guia do colocador de flange
01/out			Seleadora	0,2	Troca do apoio de lpd's da corrente de saída da Seladora
01/out			Cement filling	2,0	Falha no anel de massa devido ter colocado massa dura, foi necessário fazer a retirada da mesma e limpar máq.
01/out			Desembalagem	0,0	Queimou o motor dos rolos de giro do elevador
01/out			Forno	0,1	Falha de alimentação tubo quebrado na entrada
01/out			Exaustão	0,3	Troca do pino ejetor das posições 4 e 35 e bucha da posição 32 lado Exaustão
02/out		Montagem Automática 1	Crimpador	0,2	Quebrou punção do crimpador lsc devido enroscos de base
02/out			Cj de flange	0,1	Falha para encher gest zuf devido a enroscos de flange
02/out			Cj de tdf	0,3	Parada para trocar sensor detector de tdf
02/out			Fiação	0,1	Quebrou o fiolete de rosca que fixa a face de cortar a fiação
02/out			Exaustão	0,3	Parada para fazer sincronismo da linha devido máquina ter parado sem causa aparente
02/out			Sincronismo	0,1	Quebrou paleta do alinhador de condutor
03/out		Montagem Automática 2	Filamento	0,2	Parada devido a problema de filamento
03/out			Tubo	0,3	Fata de tubo pintado devido a problema na desembalagem
03/out			Exaustão	0,3	Máquina parou pelo sensor de segurança da cabeça devido a lpd torta
03/out			Sensor	0,3	Parada para fazer regulagem no trilho e ajuste das molas
03/out			cj de flange	0,3	Parada para fazer regulagem no trilho e ajuste das molas
03/out			Cabeça	0,2	Troca da cabeça 23 e 33 lado flush
03/out			Gest zuf	0,3	Regular transferência da automount para gest zuf
03/out			Cj de flange	0,3	Parada para fazer regulagem na entrada de flange
03/out			Posição	0,3	Parada para trocar posição 33
04/out		Montagem Automática 1	Puxador de fio	0,3	Soltou a porca do parafuso de fixação do braço da paleta do cj lsc
04/out			Cj de entrada	0,6	Troca de molépolis a mola estava torta, trocado a borracha de pino colocador de flange
04/out			Cj de flange	0,4	Parada para centralizar o pino do cj de entrada de flange
04/out			Gest zuf	0,1	Parada para encher gest zuf devido enroscos de condutor
04/out			Cj de flange	0,4	Parada para fazer regulagem no cj de entrada de flange
05/out		Montagem Automática 1	Gest zuf	0,0	Falha para encher gest zuf devido a enroscos de flange
05/out			Vibrador	0,0	Foi feito limpeza na carenagem dos vibradores
05/out			Cabeça	0,1	Cabeça fechada
05/out			Exaustão	0,0	Troca do pino expulsor da cabeça 36 e bucha da cabeça 04 e abastecer cabeça com hg
05/out			Fiação	0,0	Quebrou punção do crimpador lsc
05/out			Geral	0,0	Parada para realização de teste com flange da OSY
05/out			Seladora	0,0	Rejeição na Seladora devido a condutor mole
05/out			Exaustão	0,0	Posição 21 fechada devido a mecanismo frio
06/out		Fiação	Garfinho lsc	0,4	Regulagem na altura do garfinho e centralização do conjunto
06/out			Posição	0,2	Posição 14 fechada mecanismo frio

Figura 4.6 – Planilha informatizada para o registro das falhas de outubro/2012

Como é possível observar na figura 4.6, a planilha informatizada foi desenvolvida no software Excel da Microsoft® para o armazenamento das informações, que servirá

como histórico para análises futuras.

4.7 FALHAS COM ALTO IMPACTO

Dentre as falhas que acontecem em momentos esporádicos na linha de produção nº2, existem aquelas, consideradas pela equipe de manutenção, como sendo de alto impacto.

De acordo com a política de manutenção preventiva da linha de produção nº2, toda e qualquer falha que demande um tempo de resolução maior que 1 (uma) hora é uma falha cujo o impacto é considerado alto para o cenário atual da empresa, pois esse tempo de indisponibilidade é encarado como inadmissível para os gestores de manutenção e produção.

Outro aspecto que também é levado em consideração quanto ao impacto da falha é o risco que essa falha possa trazer à segurança dos operários. Atualmente, entretanto, a definição quantitativa do impacto da falha relacionada ao risco que essa possa interferir na segurança dos operadores é feita de maneira subjetiva – não há uma metodologia ou um critério definido para o seu cálculo – dependendo somente das pessoas atreladas a essa falha.

Uma falha que ocorreu e foi resolvida, ou seja, devolvida as características básicas de funcionamento do equipamento, passa por uma rápida classificação do seu impacto e se for considerada de alto impacto, uma análise mais detalhada é efetuada através de uma ferramenta conhecida mundialmente dentro do grupo de empresas a qual RA&AT Ltda. faz parte, a análise de falha operacional (AFO).

Essa análise segue uma sistemática que visa identificar da causa raiz da falha ou suas possibilidades de causa, bem como possíveis ações para que essa falha não volte a ocorrer.

Analizando também a sistemática utilizada em outras empresas de mesmo porte, é possível comparar a utilização desse formulário de análise AFO (Análise de Falha Operacional), apresentado na figura 4.7, com a utilização do formulário de análise de modo e efeito da falha (FMEA), uma vez que em ambos há a participação de um grupo de pessoas com o objetivo de encontrar a causa de uma falha e sua

respectiva solução, porém, o AFO possui um detalhamento mais simplificado.

RA&AT Ltda.	AFO (Análise de Falhas Operacional)	Data: ___/___/___																
1- Em qual local de instalação (Máquina) apresentou o problema?																		
<input type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> ZT 18 <input type="checkbox"/> Montagem <input type="checkbox"/> Forno <input type="checkbox"/> Seladora <input type="checkbox"/> Exaustora	<input type="checkbox"/> Fiação <input type="checkbox"/> Baseadora <input type="checkbox"/> Siliconizadora <input type="checkbox"/> Teste Final <input type="checkbox"/> Embalagem	* A Máquina parou: <input type="checkbox"/> Acometimento de emergência <input type="checkbox"/> Sensor de segurança: Qual identificação - Acendeu no painel? <input type="checkbox"/> Outras: _____																
<input type="checkbox"/> Mecânico Linha: 2/26 <input type="checkbox"/> 2 E7 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elétrico Mecânico da linha: _____ <input type="checkbox"/> Elétrica Mecânico orientador: _____ <input type="checkbox"/> Outros: Tipo que esteve na linha: _____																		
2- Em qual sub-conjunto/objeto apresentou o problema?																		
<p>3- Descrição do problema:</p> <p>- Que defeito (falta) apresentou o sub-conjunto/objeto?</p> <p>_____</p> <p>- Onde foi observado o defeito no sub-conjunto/objeto?</p> <p>_____</p> <p>- Quando (hora, dia, mês) foi observado o defeito?</p> <p>Ínicio: _____ Fim: _____ Data: _____</p> <p>- Qual é o sub-conjunto/objeto que apresentaram defeito?</p> <p>_____</p>																		
<p>4- Diferenças: O que incomum do <u>É</u> quando comparado com <u>Não É</u>?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																		
<p>5- Hipótese de Causas (Se a hipótese de causa provocou o problema é aceitável que ocorra no É e não no Não É?)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: right;">Teste</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>			1	2	3	4	5	6	7	8								
1	2	3	4	5	6	7	8											
<p>6- Qual foi a Ação tomada após o problema?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>- Após a Ação, qual é a reação? <input type="checkbox"/> Aumentar <input type="checkbox"/> Diminuir <input type="checkbox"/> Manter</p>																		
<p>7- Ações Preventivas</p> <p>- Que outros objetos podem apresentar o mesmo problema? _____</p> <p>- Que outros problemas podem ter surgido deste? _____</p> <p>- Qual a causa da causa? _____</p>																		
<p>8- Houve dificuldades para Ajustes / Montagem / Conserto?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																		
<p>9- Sugestão para que Não ocorra o problema novamente?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Fazer lição ponto a ponto <input type="checkbox"/> Revisar mecanicos <input type="checkbox"/> Modificar Fluxo de Manutenção</p>																		
Vistos: _____ Gerente da área _____ Responsável da linha de produção _____ Responsável de Manutenção _____ PF 140.00 M EDIÇÃO: 28.11.01 EDIÇÃO ANTERIOR																		

Figura 4.7 – Formulário para análise das falhas com alto impacto

5 ANÁLISE E CONCLUSÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Após uma análise minuciosa das características de todo o processo da manutenção da linha de produção nº2 de lâmpadas fluorescentes da empresa RA&AT Ltda., desde o planejamento estratégico à execução em campo, notou-se que a empresa adota um procedimento considerado satisfatório para sua competição mundial.

Entretanto, analisando com uma criticidade ainda mais aprofundada, a manutenção da linha de produção em questão possui algumas peculiaridades que vale a pena ser ressaltada.

Analizando os dados de registro das falhas durante um período de 6 (seis) meses foi possível observar que a nomenclatura utilizada pelos mantenedores não seguia uma padronização no que se referia aos modos de falhas.

O fato de não haver uma maneira padronizada, o registro das informações relacionadas às falhas dos equipamentos fazia com que o histórico de falhas não fosse confiável, o que prejudicava na análise feita pelo planejador dos equipamentos e conjuntos mais críticos. O gráfico 5.1 traz a quantidade de horas que cada equipamento falhou durante o mês de abril de 2012, quando os dados foram analisados.

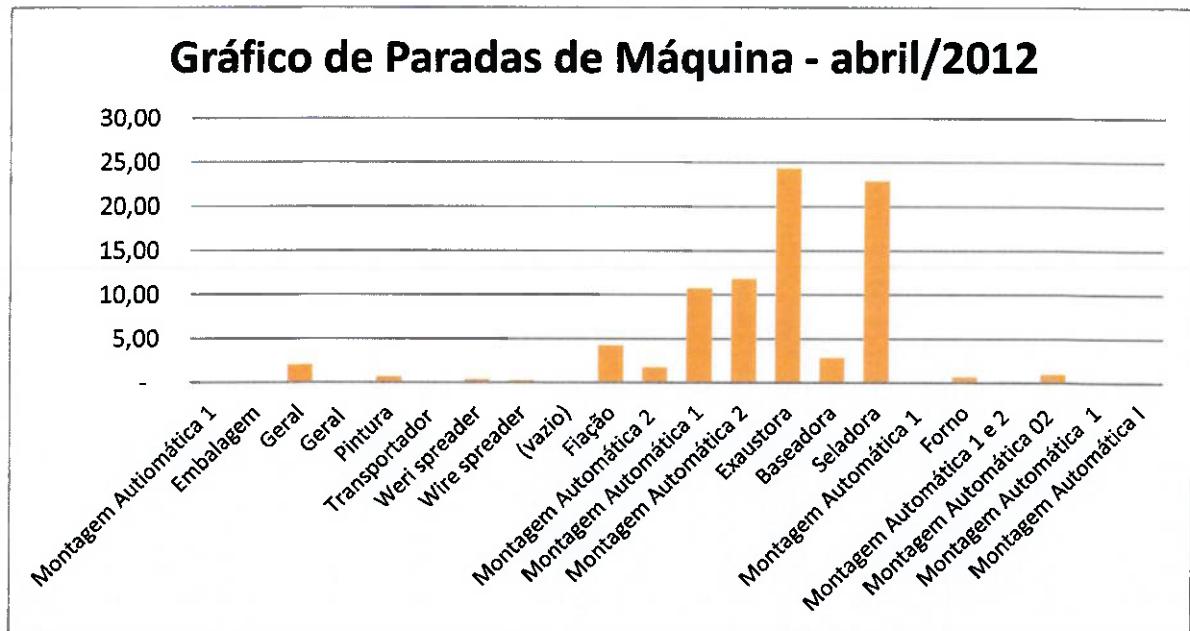


Gráfico 5.1 – Falhas dos equipamentos da linha de produção nº2 abril/2012 em horas

Analizando esse gráfico, é possível observar que a quantidade de horas que cada

equipamento permaneceu em estado de falha durante o mês apresenta uma distorção em relação à quantidade de horas que realmente cada um falhou.

Uma vez havendo um equívoco durante o registro das falhas, o planejador da manutenção não poderá utilizar essas informações como base para a tomada de decisão.

Para que o planejador da manutenção seja capaz de ser mais assertivo no direcionamento dos recursos, sejam eles recursos materiais ou recursos de mão de obra, era necessário que houvesse um retrabalho do registro de todas as falhas que foram inseridas com a nomenclatura não padronizada, ou seja, o planejador corrigia todos os problemas de digitação e adequação dos termos de acordo com as falhas já registradas anteriormente.

Durante o registro das falhas, não somente os equipamentos eram passíveis de serem registrados de maneira equivocadas como também os dispositivos, pois não havia uma estrutura padronizada que nomeasse os equipamentos e seus respectivos dispositivos. O gráfico apresenta a quantidade de falhas dos dispositivos de cada equipamento da linha de produção nº2 durante o mês de abril de 2012. Nesse gráfico fica clara a importância da padronização dos termos no registro de falhas da manutenção.

Paradas da Montadora Automática nº2 - abril/2012

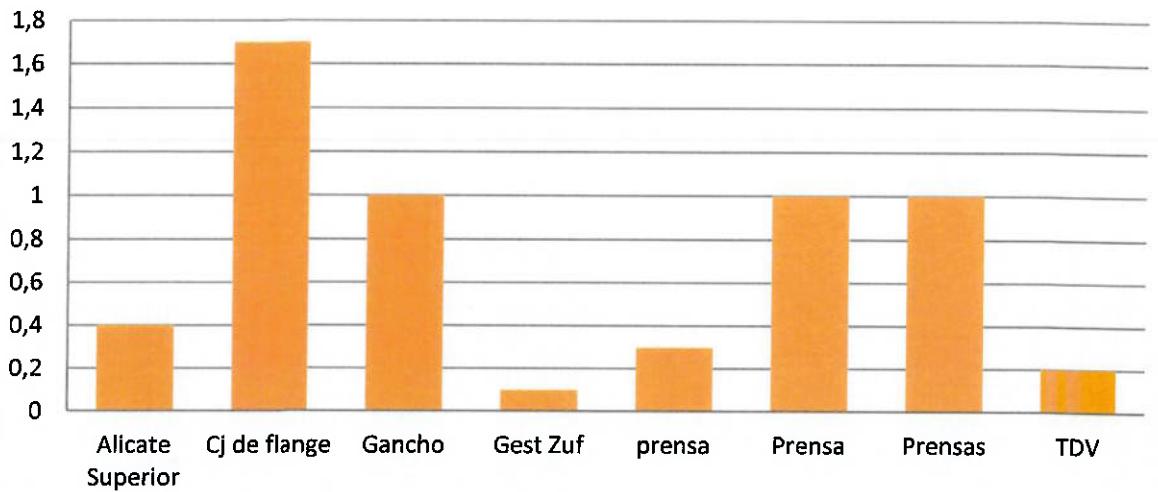


Gráfico 5.2 – Falhas dos dispositivos da máquina Montadora Automática nº2 abril/2012 em horas

Analizando o gráfico 5.2, notam-se os dispositivos que fizeram com que a máquina Montadora Automática nº2 viesse a ser um dos equipamentos que mais falharam no mês de abril de 2012.

Se fosse necessário definir um dispositivo para investir um tempo maior para uma análise mais detalhada a fim de aumentar sua disponibilidade, seria escolhido o dispositivo chamado cj de flange. Logo, o planejador de manutenção, infelizmente, investe tempo numa análise mais minuciosa das últimas ocorrências deste dispositivo, criando um relatório com todas as falhas desse dispositivo ao longo de todo o mês e cria uma estratégia, baseado em manutenção preventiva, a fim de reduzir a quantidade de falhas para o mês seguinte em diante. Todas as falhas ocorridas no dispositivo do conjunto de flange durante o mês de abril de 2012 são apresentadas na tabela 5.1, a seguir.

Tabela 5.1 – Falhas ocorridas no conjunto de flange durante abril/2012 em horas

DATA	MÁQUINA	CONJ.	HORA	DEFEITOS/OCORRÊNCIAS
13/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	0,10	Falha para encher pulmão devido enroscos de flange
12/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	0,10	Enroscos no cj de entrada de flange
12/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	0,10	Enroscos de flange no trilho
11/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	0,10	Falha para encher pulmão devido aos enroscos de flange
09/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	0,10	Enroscos de flange ocasionando parada para encher pulmão
07/04/2012	Montadora Automática nº2	Cj de flange	1,20	Troca das molas do pino de barrinha do transportador, foi trocado a flange do vibrador devido estar quebrado
		TOTAL	1,70	

Entretanto, se houvesse uma padronização da nomenclatura dos termos da manutenção, especificamente dos dispositivos, nesse caso, o gráfico 5.2 traria a

informação de que o dispositivo que mais falhou, em horas acumuladas, durante o mês de abril de 2012 foi o dispositivo chamado prensa. Essa distorção na análise deveu-se a um problema que aconteceu durante o apontamento das falhas que aconteceram durante todo o período de análise.

Por outro lado, se o planejador de manutenção perceber essa distorção durante sua análise, ou seja, uma vez identificado que as informações inseridas no formulário de gerenciamento das falhas da linha de produção nº2, o planejador da manutenção inicia o processo de retrabalho de registro das falhas com o objetivo de ter uma base de dados confiável.

Após ter feito todo o retrabalho, ainda referente às falhas do equipamento Montadora Automática nº2 ocorridas durante o mesmo mês, o resultado do gráfico das falhas do conjunto mais crítico traria o dispositivo chamado conjunto da prensa ao invés do cj de flange, ou seja, o dispositivo que mais falhou dentre todos os dispositivos dessa máquina. A tabela 5.2 apresenta o relatório detalhado das falhas do conjunto da prensa durante o mês de abril de 2012 já retrabalhados pelo gestor da manutenção.

Tabela 5.2 – Falhas ocorridas no conjunto prensa durante abril/2012 em horas

DATA	MÁQUINA	CONJ.	HORA	DEFEITOS/OCORRÊNCIAS
20/04/2012	Montadora Automática nº2	Prensa	1,00	Troca dos mordentes da prensa para melhoria da parte prensada
17/04/2012	Montadora Automática nº2	Prensa	1,00	Alinhamento da prensa
05/04/2012	Montadora Automática nº2	Prensa	0,30	Parada para centralização da prensa
		TOTAL	2,30	

O retrabalho que era feito pelo planejador de manutenção levava, em média, 4 (quatro) horas, todos os meses.

Somente após essa dedicação na correção dos dados inseridos na planilha informatizada seria possível iniciar o trabalho de análise das falhas com confiabilidade, caso contrário, as informações extraídas dessa análise estariam distorcidas e as decisões tomadas em respeito ao direcionamento dos recursos, a partir daí, comprometeriam uma evolução da disponibilidade da linha de produção nº2 como um todo.

6 IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS PROPOSTAS

Após uma minuciosa análise do que acontecia em toda a cadeia produtiva, bem como um estudo do que acontecia em segundo plano ao funcionamento dos equipamentos, o planejador da manutenção, amparado pelas ferramentas de engenharia da manutenção juntamente com um especialista em informática, definiram algumas modificações a fim de aperfeiçoar o registro das falhas.

Algumas ações foram necessárias para que a modificações fossem postas em prática. Em primeiro momento, uma definição clara da nomenclatura de todos os equipamentos e seus respectivos dispositivos foi implantada de maneira padronizada. Essa padronização só foi possível a partir da criação da árvore funcional de todos os sistemas e subsistemas que compõe a linha de produção nº2, em estudo.

6.1 ÁRVORE FUNCIONAL

A árvore funcional dos equipamentos tem como elemento principal a linha de produção e está extrapolada até o subconjunto de cada máquina. De acordo com a figura 6.1, é possível observar a árvore funcional simplificada da linha de produção nº2.



Figura 6.1 – Árvore funcional simplificada da linha de produção n°2

Montagem: é o grupo de máquinas onde os componentes eletrônicos são fabricados;

Pintura: é a etapa do processo onde os bulbos são pintados e transportados para a linha de produção n°2;

Grupo 1: é o grupo principal de máquinas para a fabricação das lâmpadas;

Grupo 2: é a etapa do processo onde acontecem os testes finais e o empacotamento das lâmpadas.

O esquema mostra as 4 (quatro) principais etapas do processo que, ao falhar, interrompem o processo produtivo, influenciando diretamente no grau de aproveitamento da linha de produção n°2 (indicador de desempenho bastante importante já apresentado na seção 3.4.2).

Cada etapa do processo é composta por vários equipamentos. A falha de um equipamento pode, ou não, interromper o funcionamento de toda a produção, isso depende da capacidade dos estoques intermediários existentes ao longo do processo, ou seja, da quantidade de lâmpadas possíveis de serem armazenadas enquanto o equipamento em falha é reparado. Essa capacidade de armazenar lâmpadas durante o reparo de uma falha é percebida pelas cores de cada máquina da árvore funcional:

- cor verde: o reparo nesse equipamento pode durar um tempo máximo de 2 (duas) horas que não haverá parada da linha de produção;
- cor amarela: o reparo nesse equipamento pode durar um tempo máximo de 5 (cinco) minutos que não haverá parada da linha de produção;
- cor vermelha: a falha desse equipamento, impreterivelmente, causará a parada imediata da linha de produção.

A árvore funcional detalhada para cada etapa do processo traz a extração dos equipamentos com seus respectivos dispositivos. Esse detalhamento é apresentado através das figuras 6.2 a 6.5, a seguir.

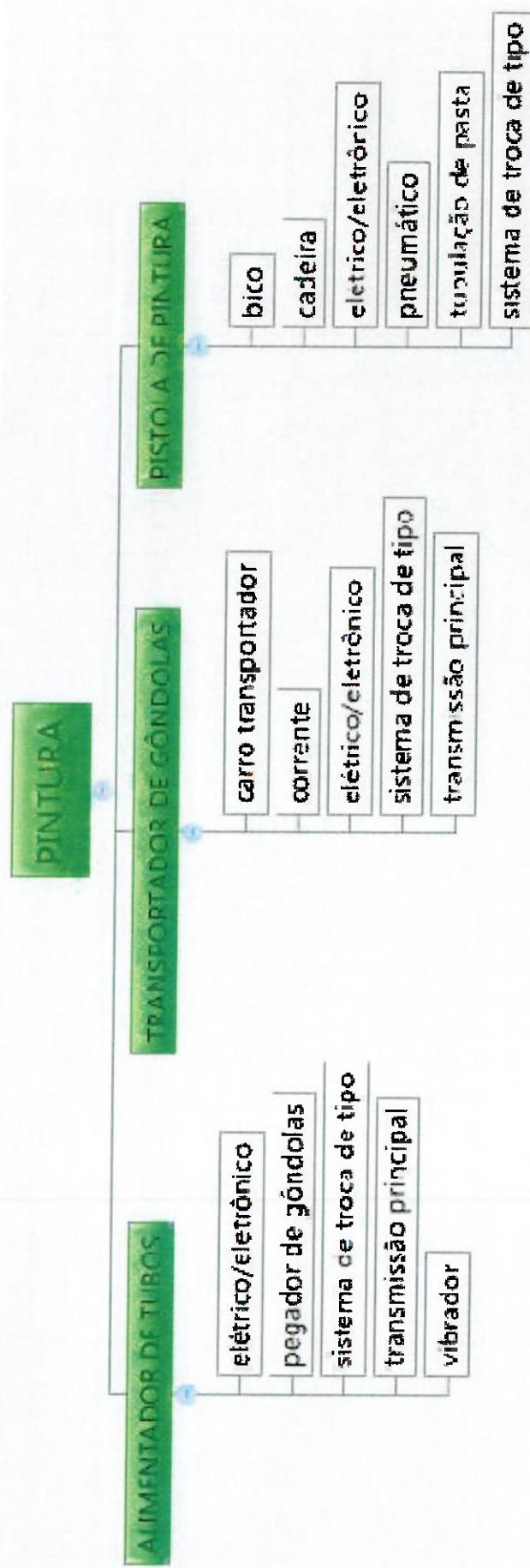


Figura 6.2 - Árvore funcional detalhada da etapa de Pintura dos bulbos

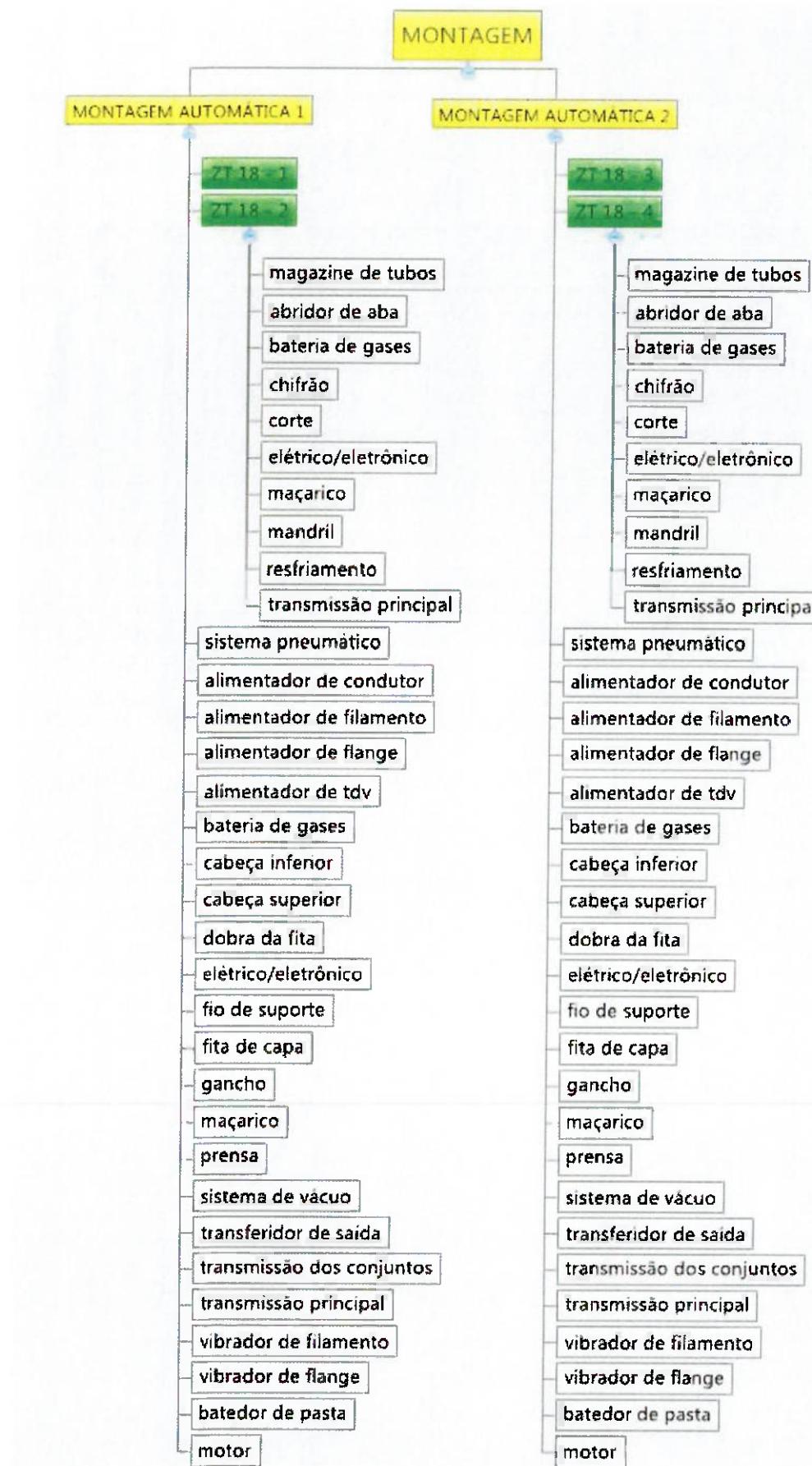


Figura 6.3 – Árvore funcional detalhada da etapa de Montagem

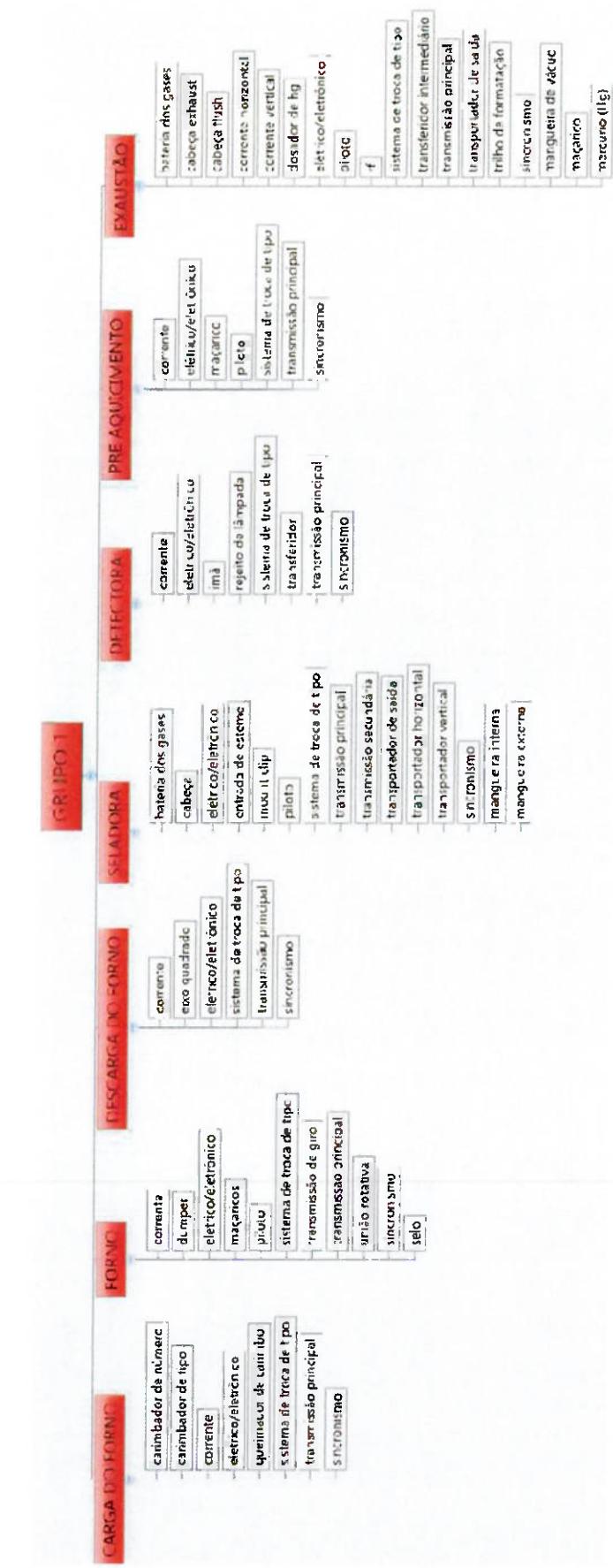


Figura 6.4 – Árvore funcional detalhada do Grupo 1

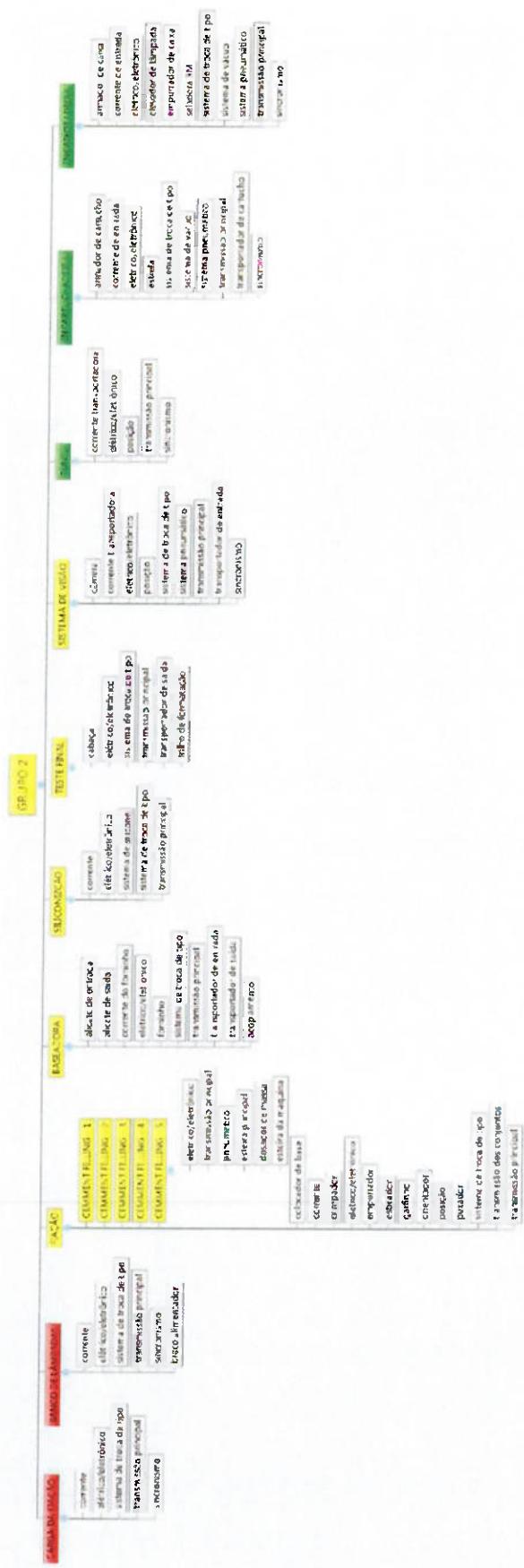


Figura 6.5 – Árvore funcional detalhada do Grupo 2

6.2 HISTÓRICO DAS FALHAS

O histórico das falhas é constituído por falhas que aconteceram e foram registradas pelos mantenedores da equipe de manutenção.

O registro das falhas é feito num formulário de papel ainda em campo, anotando-se todas as informações importantes referentes à falha: o instante em que a falha aconteceu, o equipamento, o dispositivo que apresentou a falha, assinatura do mecânico que executou o reparo, assim, apontando todas as informações pertinentes ao serviço executado.

Após o apontamento da falha pelo mantenedor, todas as informações são transferidas para uma planilha informatizada que servirá como histórico de falhas para uma posterior análise pelo gestor da manutenção.

Após as modificações implantadas, principalmente relacionadas à maneira como as informações passaram a ser inseridas na planilha informatizada, o banco de dados históricos das falhas tornou-se muito mais confiável. Logo, toda a tomada de decisão feita a partir de então, baseada na análise das informações desse histórico, vai direcionar a equipe de manutenção ao caminho que trará o aumento da disponibilidade dos equipamentos. A ferramenta *drop down* utilizando a árvore funcional completa da linha de produção nº 2 como base de dados para apontamento das informações referente às falhas é observado através da figura 6.6.

	A	B	C	D	E	F	G
1							Dezembro/2012
2	Data	Mão de obra	MÁQUINA	CONJ	HORA	MANUT	DEFEITOS/OCORRÊNCIAS
3	01/dez		Automount 1	alimentador de flange	0,1		Parda para encher gest zuf devido a enroscos de flange
4	01/dez		Geral	inventário	0,2		Parada para contagem de inventário
5	01/dez		Exhaust	cabeça exhaust	0,1		Cabeça 34 fechada (hg)
6	01/dez		Exhaust	cabeça flush	0,2		Troca da posição 34 e 02 hg
7	01/dez		Threading In	cabeça flush	0,2		Abastecer cabeça com hg 30e 26
8	01/dez		Threading	cabeça flush	0,2		Posição fechada hg
9	01/dez		Baser	crimpador	0,1		Quebra de duas molas do cj crimpador
10	03/dez		Sylcoat				
11	03/dez		Ager	transmissão principal	0,0		Cj parou fora de posição devido a correia sincronizadora estava solta
12	03/dez		Sistema de Visão	cabeça exhaust	0,2		cabeça fechada 06 hg
13	03/dez		Túnel	cabeça exhaust	0,2		posição 12 fechada
14	03/dez		Exhaust	elétrico/elétrônico	0,0		chamada elétrica para acertar o disco de filamento
15	03/dez		Automount 1	alimentador de filamento	0,0		falha para encher gest zuf devido a enroscos de filamento
16	03/dez		Automount 2	elétrico/elétrônico	0,0		máquina parou pelo sensor de segurança da cabeça
			Exhaust	vibrador de flange	0,0		falha para encher gest zuf

Figura 6.6 - Planilha informatizada para o registro das falhas de dezembro/2012 com a ferramenta *drop down* em funcionamento

Um banco de dados históricos de falhas que é considerado confiável, ou seja, com

informações que retratam a situação muito próxima do real de um grupo de equipamentos, também tem uma substancial importância no treinamento de novos mecânicos contratados.

6.3 ANÁLISE DAS FALHAS

Baseado nas informações fornecidas ao longo do tempo, o gestor da manutenção cria relatórios e gráficos que ajudam na tomada de decisão de onde e como alocar os recursos.

Esses relatórios servem também para acompanhamento dos equipamentos mais críticos para cada linha de produção, assim como verificar se a abordagem adotada tem sido a melhor para cada equipamento.

6.4 GRÁFICOS DA LINHA DE PRODUÇÃO

O gráfico de acompanhamento da disponibilidade da linha de produção nº2, conhecido como grau de aproveitamento, traz o percentual em que linha de produção ficou disponível para a produção em cada mês. O gráfico 6.1 ilustra esse indicador. Nesse gráfico, 100% é o tempo total bruto e 88% é a disponibilidade mínima aceitável pelo planejamento.

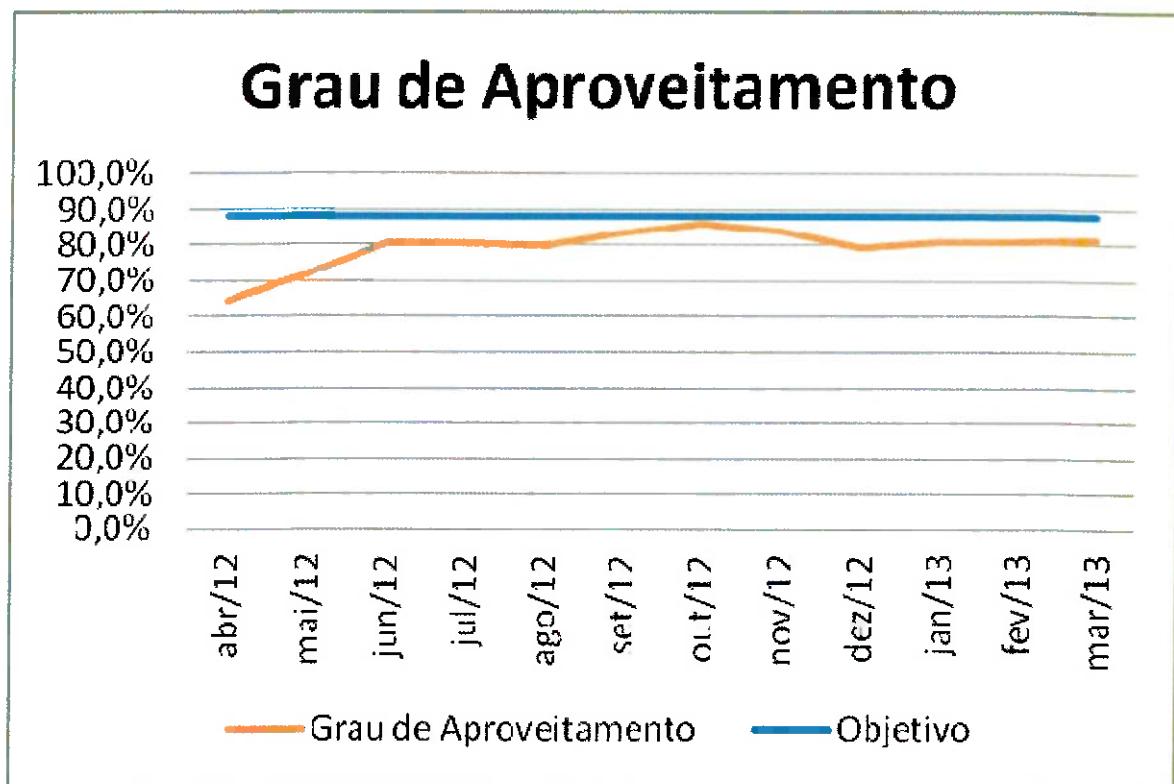


Gráfico 6.1 – Grau de aproveitamento da linha de produção n°2 em 12 (doze) meses

6.5 GRÁFICOS DOS EQUIPAMENTOS

Já no gráfico dos equipamentos, é utilizado como dado o valor de horas acumuladas das falhas de cada dispositivo em cada mês. Neste gráfico, é possível identificar, de maneira mais simples, a somatória de horas acumuladas das falhas dos dispositivos no mês de dezembro de 2012.

Numa empresa de competição mundial, os recursos de mão de obra e os recursos materiais devem ser utilizados de maneira mais eficazes, logo, a equipe de manutenção deve direcionar seus esforços aos equipamentos mais críticos, ou seja, aos que tenham contribuído para que o acumulado de horas paradas da linha de produção tenha sido superior ao planejado.

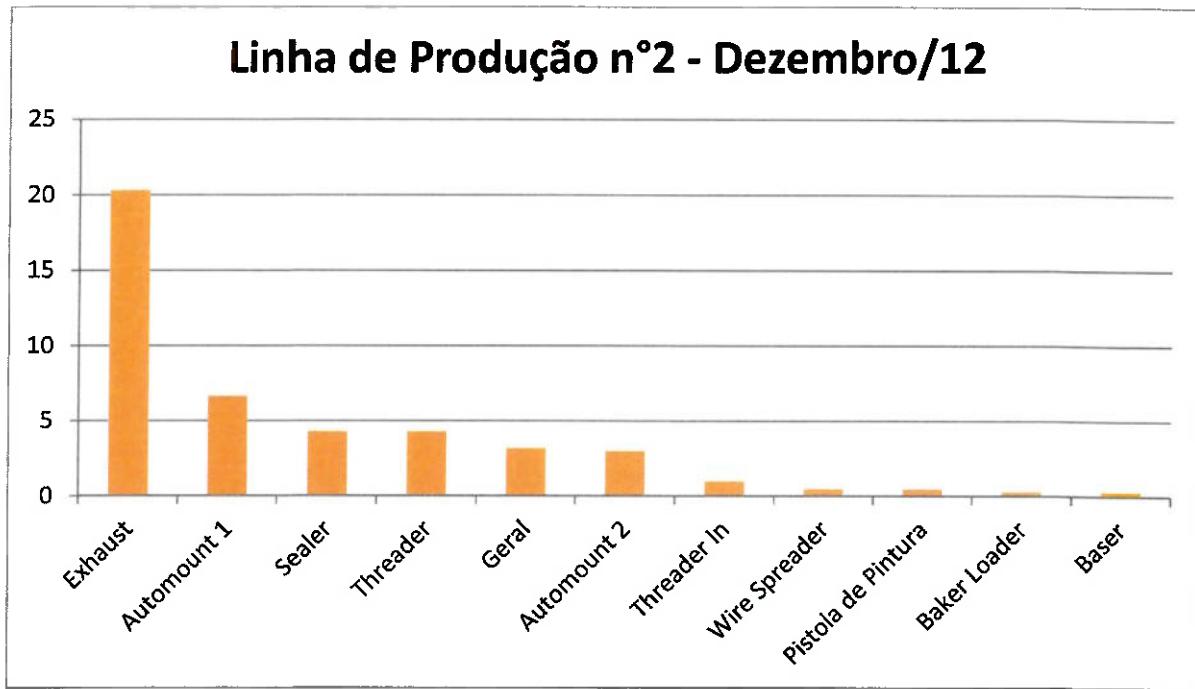


Gráfico 6.2 – Quantidade de horas paradas dos equipamentos mais críticos no mês de dezembro/12 em horas

Uma vez identificado quais os equipamentos têm falhado mais do que foi planejado, é criado um gráfico da somatória de falhas dos dispositivos a fim de chegar aos dispositivos que mais falharam de cada equipamento e identificar quanto cada um contribuiu para o que a meta não fosse atingida. Os equipamentos e seus respectivos dispositivos que mais falharam durante o mês de dezembro de 2012 são apresentados a seguir nos gráficos 6.3 a 6.6.

Máquina EXAUSTORA - dez/12

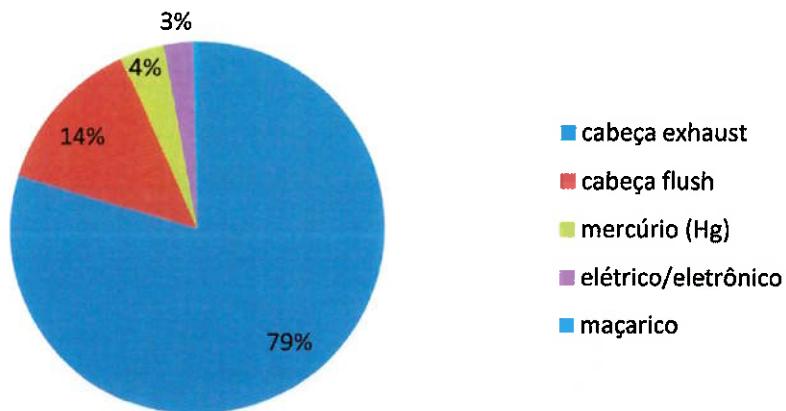


Gráfico 6.3 – Falhas dos dispositivos da máquina Exaustora durante o mês de dezembro em percentual

Máq. MONT. AUTOMÁTICA 1 - dez/12

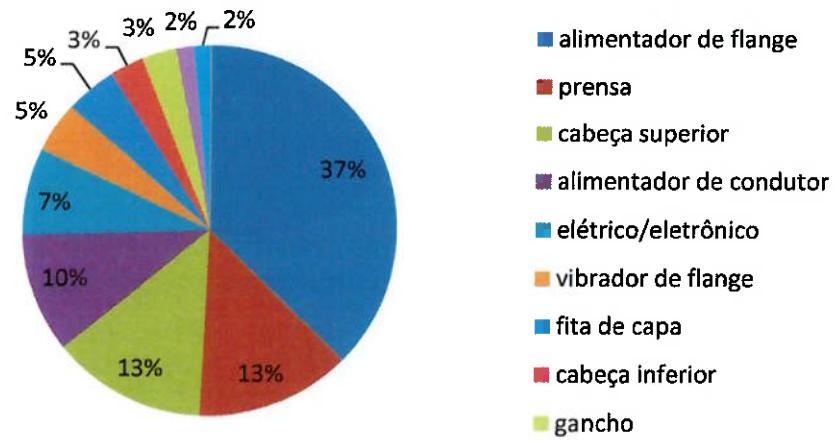


Gráfico 6.4 – Falhas dos dispositivos da máquina Montadora Automática nº1 durante o mês de dezembro em percentual

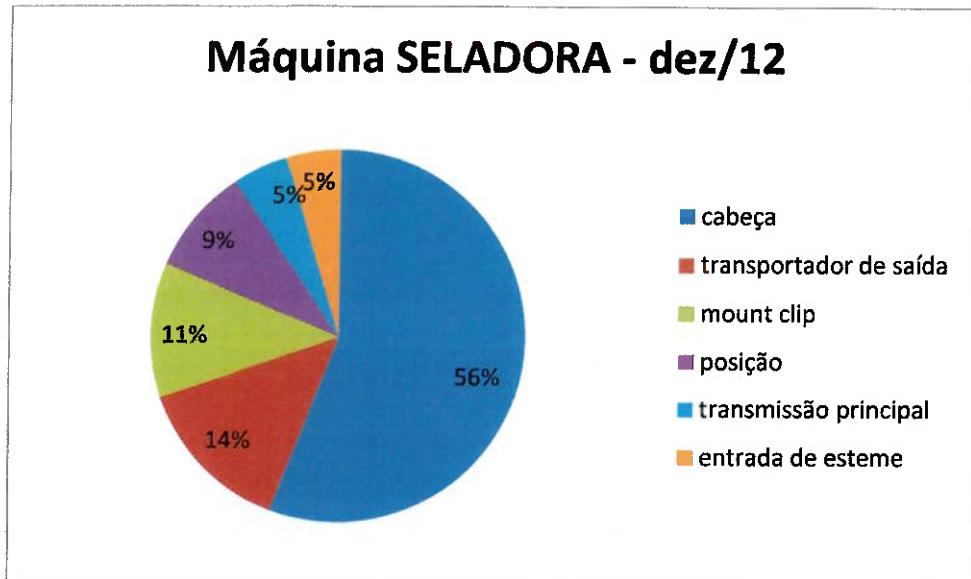


Gráfico 6.5 – Falhas dos dispositivos da máquina Seladora durante o mês de dezembro em percentual

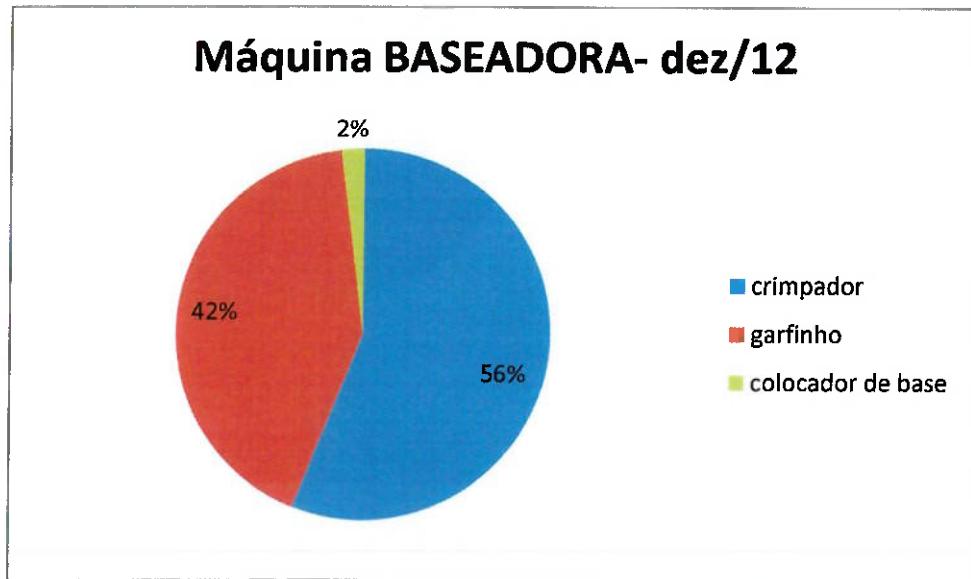


Gráfico 6.6 – Falhas dos dispositivos da máquina Baseadora durante o mês de dezembro em percentual

6.5.1 Relatório das falhas

O gráfico dos dispositivos faz um direcionamento dos recursos com bastante propriedade, entretanto, é importante saber o que aconteceu para que cada

dispositivo viesse a falhar.

O relatório das falhas traz, de maneira detalhada, todas as informações pertinentes ao dispositivo, desde uma observação do operador referente ao que causou a falha quanto a algum detalhe referente à execução do reparo. A tabela 6.1 apresenta um exemplo de relatório de falhas apenas do dispositivo com a maior quantidade de horas num determinado mês.

Data	HORA	DESCRIÇÃO DAS FALHAS
01/12/2012	0,1	Cabeça 34 fechada (hg)
03/12/2012	0,2	cabeça fechada 06 hg
03/12/2012	0,2	posição 12 fechada
03/12/2012	0	cabeça fechada 22
04/12/2012	0,3	cabeça fechada posição 32 hg
04/12/2012	0,2	parada para troca de cabeça devido hg
05/12/2012	0,2	troca da cabeça 32 devido a não dosar hg, Ipds amarela
05/12/2012	0,2	troca do prato da posição 32
05/12/2012	0,2	troca da cabeça 32 e mangueira do prato lado flush
06/12/2012	0,3	posição 26 fechada hg e 35 articulação base quebrada
06/12/2012	0,2	troca do anel elástico low dose da cabeça 26 e bucha das cabeças 33 e 22
06/12/2012	0,2	cabeça 21 fechada maçarico entupido
06/12/2012	0,2	cabeça 21 fechada e troca do anel de trava da cabeça 16
07/12/2012	0,2	posição 07 hg e 09 entupida
07/12/2012	0,2	cabeça 09 entupida fechada
07/12/2012	0,1	cabeça fechada posição 09
07/12/2012	0,2	troca da porca de articulação da cabeça 09
08/12/2012	0,2	cabeças fechada entupidas 9,11,17.
08/12/2012	0,2	limpeza da cabeça 36 e 17 lado flush
08/12/2012	0,2	máquina parou devido a Ipds torta
10/12/2012	0,3	posição 09 fechada hg
11/12/2012	0,2	cabeça fechada 17 hg
12/12/2012	0,2	troca de bucha da cabeça 18 e pino elástico
12/12/2012	0,3	cabeça fechada na exhaust 22,27,17.
13/12/2012	0,3	parada para abastecer cabeça 24 com hg
13/12/2012	0,3	cabeça 22 com pressão alta
13/12/2012	0,2	limpeza da capsula da cabeça 24
14/12/2012	0,2	cabeça 06 e 36 fechada
14/12/2012	0,4	cabeça fechada 13 e 31
14/12/2012	0,2	posição fechada 22
14/12/2012	0,2	troca de bucha de cabeças 9,11 e 22 dos dois lados
15/12/2012	0,4	troca da cabeça 27 e verificar prato e mangueira dos dois lados
15/12/2012	0,3	cabeça fechada devido a Ipds amarela 27 sem contato
15/12/2012	0,3	cabeças 03,032,13,16 e 34 fechada devido a Ipds amarela
15/12/2012	0,2	cabeça fechada 36 hg
15/12/2012	0,3	troca das porcas lado flush da posição 1 e 19 e colocar hg da cabeça 36
17/12/2012	0,3	cabeça fechada 02 e 13 parada para abri-la
17/12/2012	0,3	cabeças fechada 02,12,10,13,05
17/12/2012	1,8	lâmpadas contaminadas em decorrência de cabeças com contaminação nas mangueiras
18/12/2012	0	cabeça fechada
18/12/2012	0	troca da cabeça 09 devido a pressão alta
18/12/2012	0	cabeça fechada
18/12/2012	0	contato das posições 13 e 14 e bucha das posições 2 e 33 dos dois lados
19/12/2012	0,2	cabeças 02 e 32 fechada
19/12/2012	0,2	posição fechada devido a Ipds amarela
20/12/2012	0,2	cabeça fechada na exhaust
20/12/2012	0,1	cabeça 02 fechada
20/12/2012	0,1	cabeça 02 fechada .
21/12/2012	0	troca de bucha da cabeça 04 e cabeça 02 fechada devida a Ipds amarela
26/12/2012	0,1	troca de cabeça 32 e ajuste de maçaricos 05,08,13
27/12/2012	0,3	cabeça fechada 20
27/12/2012	0,3	cabeça 20 fechada
27/12/2012	0,3	cabeça fechada devido Ipds amarela
28/12/2012	0,3	cabeças fechadas posição 31 e 24
28/12/2012	0,2	troca da mangueira do prato e abastecer cabeça 27 com hg
28/12/2012	1,2	troca da cabeça 31 e troca do anel do prato da cabeça 20 dos dois lados
28/12/2012	0,4	cabeça 20 fechada
28/12/2012	0,3	cabeça fechada devido a Ipds amarela 22 e 31
29/12/2012	0,3	cabeça fechada 17 devido a maçarico
29/12/2012	0,2	cabeça 31 fechada devido a Ipds amarela

Tabela 6.1 – Relatório de todas as falhas da cabeça da máquina Exaustora em dezembro/2012

6.6 ATIVIDADES PREVENTIVAS

Como a atual abordagem de manutenção da linha de produção nº2 é baseada na prevenção, alguns dispositivos possuem um tempo predeterminado para serem substituídos.

Independente da sua condição de funcionamento, os dispositivos são trocados pelo mantenedor de maneira sistemática, ou seja, há uma sequência cronológica para a sua substituição. Para tanto, é imprescindível que haja uma gestão meticulosa de todos os dispositivos que são substituídos através da metodologia preventiva.

6.6.1 Rodízio dos dispositivos

Na empresa em estudo, a técnica de substituição dos dispositivos em detrimento da decorrência do tempo de utilização, independente de uma avaliação prévia, é conhecida como plano de rodízio.

Essa metodologia já está incorporada na empresa em estudo e tem como objetivo principal controlar quais os dispositivos devem entrar e quais devem sair da máquina, e em que momento isso deve acontecer.

6.6.2 Gerenciamento dos dispositivos sobressalentes

Os dispositivos sobressalentes, também conhecidos em campo como conjuntos sobressalentes, recebem um tratamento especial pela equipe de manutenção. Ao ser retirado da máquina pelos mecânicos da linha de produção nº2 durante uma manutenção programada, são identificados e armazenados num armário com prateleiras também identificadas. Nesse armário são armazenados todos os dispositivos sobressalentes a revisar de todos os equipamentos da linha de produção.

O sequenciamento dos dispositivos a serem revisados depende do sequenciamento

de substituição dos mesmos na linha de produção. Cada dispositivo tem uma vida útil estritamente particular, mesmo trabalhando em conjunto com outros dispositivos, durante o mesmo tempo de utilização.

Contudo, a frequência de substituição de cada dispositivo deve ser respeitada cautelosamente a fim de evitar uma falha, gerando assim, a indisponibilidade de toda a linha de produção.

Com o objetivo de evitar que um dispositivo que deveria ser revisado para entrar na máquina e iniciar o seu ciclo de vida ainda esteja na prateleira de conjuntos sobressalentes a revisar, foi criado um painel kambam e instalado ao lado do armário de armazenamento dos conjuntos sobressalentes a revisar. Essa técnica de gestão à vista garante que o mecânico de manutenção responsável pela revisão dos dispositivos sobressalentes saiba qual conjunto deve ser revisado naquele momento e qual o sequenciamento ideal de revisão para que não faltem conjuntos revisados, e que a substituição aconteça exatamente no instante de tempo considerado ideal.

Segundo LOPES (2008), coloca-se um Kambam de peças ou partes específicas de uma linha de produção para indicar quando se esgotarem todas as peças. A técnica Kambam permite agilizar a entrega e a produção de peças. A figura 6.7 é o painel kambam para controle visual dos dispositivos sobressalentes da linha de produção em estudo.

RA&AT Ltda.	KANBAN - DISPOSITIVOS RESERVAS - FLUORESCENTE N°2								Mais Sucesso Com TPSI Total Productive Management						
MÁQUINA	CONJUNTO	QT. UTILIZADA	QT. RESERVA	KANBAN					MEC. RESPONS. MANUTENÇÃO	STATUS					
ZT-18	MANDRIL	90	6		6	5	4	3	2	1	0	MONTAGEM			
ZT-18	ELEV. CENTRÍFUGO (COMPLETO)	10	1						1	0		MONTAGEM			
ZT-18	ABRIDOR DO MANDRIL (CHIFRÃO)	10	1						1	0		MONTAGEM			
MONT. AUTOMÁTICA	ALICATE SUPERIOR	170	20	25	18	16	14	12	10	8	4	2	0	OFICINA	
MONT. AUTOMÁTICA	ALICATE INFERIOR	86	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	OFICINA
MONT. AUTOMÁTICA	PRENSA (PARTE SUPERIOR)	6	2						2	1	0		OFICINA		
MONT. AUTOMÁTICA	1º PRENSA	2	1						1	0			OFICINA		
MONT. AUTOMÁTICA	2º E 3º PRENSA	4	1						1	0			OFICINA		
MONT. AUTOMÁTICA	FAZER GANCHO	2	1						1	0			OFICINA		
MONT. AUTOMÁTICA	PRENSA DO FILAMENTO	2	1						1	0			OFICINA		
MONT. AUTOMÁTICA	FITA DE CAPA (COMPLETO)	2	1						1	0			MONTAGEM		
MONT. AUTOMÁTICA	FITA DE CAPA (CABEÇOTE)	2	1						1	0			MONTAGEM		
PULMÃO	SEGMENTO DE TRILHO	32	6		6	5	4	3	2	1	0		MONTAGEM		
PINTURA	BICO DA PISTOLA	27	4			4	3	2	1	0			SELADORA		
PINTURA	MISTURADOR (TANQUE SUB-PROD.)	8	4			4	3	2	1	0			OFICINA		
PINTURA	MISTURADOR (TANQUE PASTA)	10	2					2	1	0			OFICINA		
PINTURA	MISTURADOR (CARRO MÓVEL)	14	1					1	0				OFICINA		
PINTURA	PISTOLA DE PINTURA	1	1					1	0				OFICINA		
PINTURA	TOP TANQUE	1	1					1	0				OFICINA		
PINTURA	BOMBA DO POÇO	1	1					1	0				OFICINA		
CARGA DO FORNO	MANCAL DAS ESCOVAS (LATERAL)	8	2			2	1	0					SELADORA		
CARGA DO FORNO	MANCAL DAS ESCOVAS (CENTRAL)	4	2			2	1	0					SELADORA		
FORNO	ROLOS	388	35	35	30	25	21	18	15	12	9	6	3	0	OFICINA
FORNO	UNIÃO ROTATIVA 1º DIREITA	2	2					2	1	0			OFICINA		
FORNO	UNIÃO ROTATIVA 1º ESQUERDA	2	2					2	1	0			OFICINA		
FORNO	UNIÃO ROTATIVA 1/2º DIREITA	1	1					1	0				OFICINA		
FORNO	UNIÃO ROTATIVA 1/2º ESQUERDA	1	1					1	0				OFICINA		
FORNO	REDUTOR DIFERENCIAL	1	1					1	0				OFICINA		
SELADORA	CABEÇA	72	7		7	6	5	4	3	2	1	0		OFICINA	
SELADORA	MAÇARICO	72	6		6	5	4	3	2	1	0		SELADORA		
SELADORA	MAÇARICO (JOGO DE 36 PEÇAS)	2	2					2	1	0			SELADORA		
SELADORA	MOUNT CLIP (LC)	20	6		6	5	4	3	2	1	0		OFICINA		
SELADORA	MOUNT CLIP (LSC)	20	6		6	5	4	3	2	1	0		OFICINA		
SELADORA	POSIÇÃO HORIZONTAL (LC)	13	5			5	4	3	2	1	0		SELADORA		
SELADORA	POSIÇÃO HORIZONTAL (LSC)	16	5			5	4	3	2	1	0		SELADORA		
SELADORA	POSIÇÃO VERTICAL (LC)	12	5			5	4	3	2	1	0		SELADORA		
SELADORA	POSIÇÃO VERTICAL (LSC)	12	5			5	4	3	2	1	0		SELADORA		
SELADORA	POSIÇÃO CJ. SAÍDA (LC)	13	2					2	1	0			OFICINA		
SELADORA	POSIÇÃO CJ. SAÍDA (LSC)	13	2					2	1	0			OFICINA		
SELADORA	PRATO DE GÁS	2	2					2	1	0			OFICINA		
DETECTOR DE FIO	IMÃ	2	2					2	1	0			OFICINA		
PRE AQUECIMENTO	UNIÃO ROTATIVA 3/8"	6	2					2	1	0			OFICINA		
EXAUSTÃO	MAÇARICO	72	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	EXAUSTORA
EXAUSTÃO	MAÇARICO (JOGO DE 36 PEÇAS)	2	2					2	1	0			EXAUSTORA		
EXAUSTÃO	CABEÇA FLUSH	36	6		6	5	4	3	2	1	0		OFICINA		
EXAUSTÃO	CABEÇA EXAUSTÃO	36	6		6	5	4	3	2	1	0		OFICINA		
EXAUSTÃO	ALICATE ENTRADA (LC)	8	2					2	1	0			EXAUSTORA		

EXAUSTÃO	ALICATE ENTRADA (LSC)	8	2				2	1	0	EXAUSTORA					
EXAUSTÃO	POSIÇÃO CJ. SAÍDA (LC)	12	2				2	1	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	POSIÇÃO CJ. SAÍDA (LSC)	12	2				2	1	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	PRATO DE ENCHIMENTO	1	1				1	0	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	PRATO DE VÁCUO	1	1				1	0	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	PRATO DE GÁS	2	1				1	0	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	CLINDRO DOSADOR DE HG	2	1				1	0	0	OFICINA					
EXAUSTÃO	APARELHO RF	1	1				1	0	0	ELETRÔNICO					
FIAÇÃO	POSIÇÃO (LC)	63	5				5	4	3	2	1	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	POSIÇÃO (LSC)	63	5				5	4	3	2	1	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	EMPURRADOR DE LÂMPADAS	2	4				4	3	2	1	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	CRIMPADOR	2	3				2	2	1	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	POSICIONADOR DE CONDUTORES	2	2				2	1	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	PUXADOR DE CONDUTORES	2	2				2	1	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	ORIENTADOR DE CONDUTORES	1	1				1	0	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	ESTICADOR DE CONDUTORES	2	1				1	0	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	COLOCADOR DE BASES	2	1				1	0	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	GARFINHO	2	1				1	0	0	0	0	0	FIAÇÃO		
FIAÇÃO	CAIXA DE AVANÇO (LC)	1	1				1	0	0	0	0	0	OFICINA		
FIAÇÃO	CAIXA DE AVANÇO (LSC)	1	1				1	0	0	0	0	0	OFICINA		
CIMENTEADORA	MANCAL (DOSADOR DE MASSA)	4	1				1	0	0	0	0	0	FIAÇÃO		
BASEADORA	ALICATE DE ENTRADA	50	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	FIAÇÃO
BASEADORA	FORNINHO	216	5				5	4	3	2	1	0	0	0	FIAÇÃO
BASEADORA	ALICATE DE SAÍDA	50	4				4	3	2	1	0	0	0	0	FIAÇÃO
TESTE FINAL	POSIÇÃO COMPLETA	180	8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	FIAÇÃO
SIST. REJEIÇÃO	CONTATO COMPLETO (CTO-CTO)	2	2				2	1	0	0	0	0	0	0	FIAÇÃO
EMBALAGEM	SELADORA DE CAIXAS 3M	1	1				1	0	0	0	0	0	0	0	TÉCNICO 3M

Figura 6.7 – Painel Kambam para gerenciamento visual dos dispositivos sobressalentes da linha de produção nº2

6.7 CUSTO DE INDISPONIBILIDADE

Além de todas as complicações trazidas pela indisponibilidade dos equipamentos, uma das variáveis considerada de maior importância, nesse caso, é o custo atrelado à indisponibilidade dos equipamentos.

A linha de produção em estudo possui um custo de indisponibilidade horária de R\$ 7.200,00 (sete mil e duzentos reais). Esse valor é bastante representativo para o negócio, pois impacta diretamente no custo final do produto.

Com base nesse valor, é possível estimar o impacto financeiro causado pelo índice de parada de máquinas já apresentado.

Após a revisão e a calibração de cada conjunto, o mesmo – agora com suas características de projeto reestabelecidas – é identificado e armazenado direto na linha de produção onde aguardam pelo momento certo para próxima substituição.

7 RESULTADOS OBTIDOS

Assim como foi previsto no início desse trabalho, algumas técnicas baseadas em manutenção centrada em confiabilidade aplicada a uma série de equipamentos de uma linha de produção de lâmpadas fluorescentes se adéquam satisfatoriamente.

Os resultados obtidos demonstraram que se mantida as técnicas atuais no que diz respeito ao tratamento das falhas, o nível de disponibilidade ficaria a um patamar inferior ao atingido após a implantação de algumas ferramentas de gestão da manutenção.

É possível perceber ainda que, para uma empresa de competição mundial, possuir um banco de dados de registro das falhas constituído por informações confiáveis traz uma maior assertividade do planejador de manutenção no que diz respeito ao direcionamento dos recursos.

Além disso, possuir um banco de dados confiável permite a utilização deste no treinamento de novos colaboradores contratados para a equipe de manutenção, uma vez que esse treinamento pode partir de uma análise do histórico das falhas e seus impactos, proporcionando um tempo otimizado de treinamento e um entendimento padronizado dos termos relacionados aos equipamentos e seus adendos.

Analizando o gráfico de horas paradas de todos os equipamentos da linha de produção nº2 ao longo do tempo – antes e depois da implantação das modificações propostas nesse estudo – nota-se uma redução significativa da quantidade de horas paradas das máquinas da linha de produção nº2, refletindo diretamente no aumento do grau de aproveitamento (NG), indicador de desempenho considerado de grande importância produtiva.

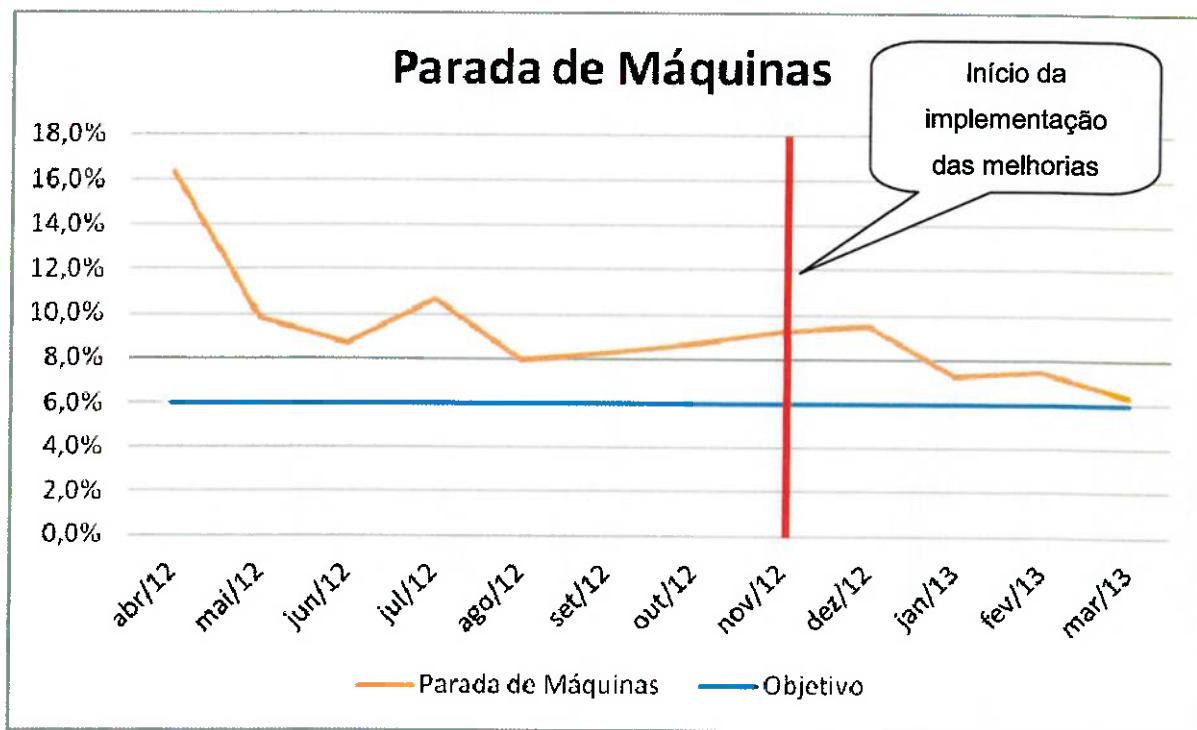


Gráfico 7.1 – Acompanhamento mensal de horas de máquinas paradas na linha de produção n°2

A fim de observar o quanto a melhoria concebida ao processo gerencial da análise das falhas que tenham ocorridas na linha de produção em estudo, foi feito o levantamento de todas as paradas ocorridas durante 12 (doze) meses a partir de abril de 2012.

A partir desse levantamento, foi criado o gráfico 7.1 que reflete o comportamento da quantidade total de horas paradas mês a mês, com uma indicação em vermelho do instante em que as melhorias começaram a ser implantadas.

É possível identificar uma melhoria significativa no trabalho realizado pela equipe de manutenção após o início da implantação das melhorias sugeridas, uma vez que a curva que descreve a quantidade de horas de indisponibilidade tem uma tendência de queda significativa.

Nota-se ainda uma redução de 1,6 (um vírgula seis) pontos percentuais no mês de março de 2013 quando comparado ao melhor resultado dos últimos 12 (doze) meses de funcionamento da linha de produção.

Num mês em que a linha de produção n°2 trabalha em 3 (três) turnos, essa diferença percentual representa, em média, 9 (nove) horas de disponibilidade operacional a mais. Mas se comparado ao mês de novembro de 2012, o qual coincide com a implementação das melhorias no método de registro e análise das

falhas, essa diferença atinge 3 (três) pontos percentuais de disponibilidade. Em termos financeiros, é possível estimar ainda o quanto essa quantidade de horas de disponibilidade traz de economia para o negócio. Para tal valorização, faz-se necessário o cálculo estimado do valor, em reais, do custo em que a empresa deixou de ter no mês de março de 2013 após a implementação total da padronização dos termos da manutenção, juntamente com as outras melhorias descritas anteriormente na linha de produção nº2 da empresa RA&AT Ltda.

$$\text{CUSTO DE INDISPONIBILIDADE} = \text{R\$ 7.200,00 /HORA}$$

O cálculo abaixo representa o custo em que a empresa deixou de ter após a implantação das melhorias propostas, considerando um regime de trabalho de três turnos.

$$\text{CUSTO TOTAL MENSAL} = \text{CUSTO DE INDISPONIBILIDADE} \times \text{TOTAL DE PARADAS MAIS}$$

$$\text{CUSTO TOTAL MENSAL} = 7.200 \times 9 \text{ (R\$)}$$

$$\text{CUSTO TOTAL MENSAL} = 64800 \text{ (R\$)}$$

Considerando que a linha de produção nº2 produz ape nas 11 (onze) meses no ano, pois durante 1 (um) mês, como visto na seção 4.5, essa linha de produção está parada para a manutenção anual. Logo, durante todo o ano comercial, o custo anual a mais é:

$$\text{CUSTO TOTAL ANUAL} = 64800 \times 11 \text{ (R\$)}$$

$$\text{CUSTO TOTAL ANUAL} = 712.800 \text{ (R\$)}$$

Nota-se uma significativa redução no custo devido a uma discreta redução da indisponibilidade dos equipamentos.

O gráfico 7.2 apresenta o valor do custo mensal adicional dos últimos 12 (doze) meses em que empresa em estudo obteve, devido ao volume de horas a mais de indisponibilidade na linha de produção nº2.

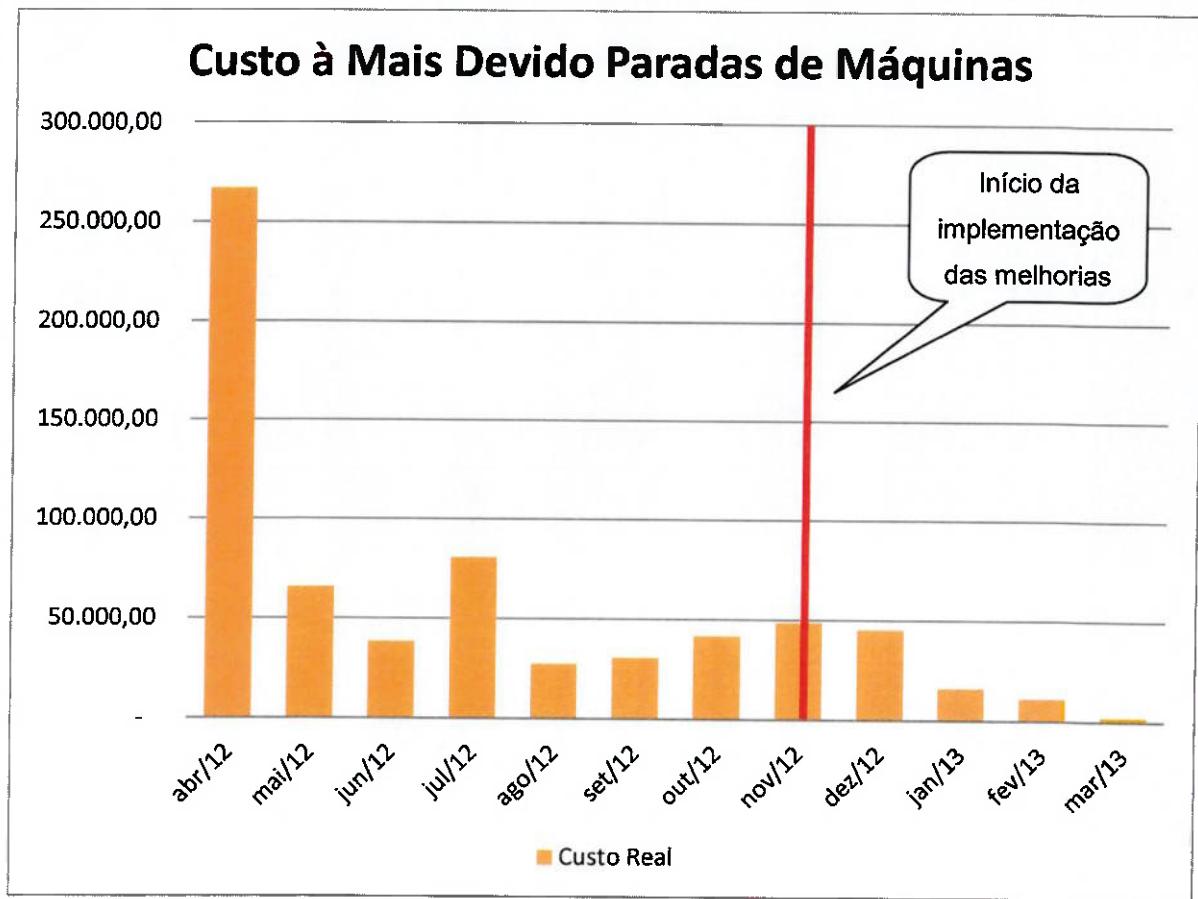


Gráfico 7.2 – Acompanhamento mensal do custo proveniente do excesso de indisponibilidade da linha de produção nº2 em reais

8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo desse trabalho foi demonstrar que numa empresa multinacional de grande porte com competição mundial, mesmo com uma maneira enraizada de gerenciamento da manutenção, é possível melhorar os métodos de tratamento das falhas e, consequentemente, melhorar seus indicadores de desempenho.

Devido ao estereótipo de que a manutenção dos equipamentos, numa esfera empresarial, é considerada como custo, toda a equipe de manutenção deve ter em mente que o tratamento de toda e qualquer falha deve ser tratado como único, desde as atividades de reparo quanto o seu registro e análises futuras.

Considerando isso como premissa, é importante que todas as pessoas envolvidas tenham o mesmo entendimento sobre a terminologia relacionada aos equipamentos e seus adendos.

Nesse caso, a árvore funcional com a padronização dos nomes de todos os equipamentos e seus respectivos dispositivos foi primordial para o sucesso desse trabalho.

Esse estudo mostrou que é possível melhorar os indicadores de desempenho de uma linha de produção atuando somente na maneira com que as falhas corretivas são administradas, levando em consideração os indicadores relacionados à disponibilidade dos equipamentos.

Um estudo complementar a este aqui apresentado poderá ser feito e abordar questões relacionadas à frequência com que as falhas acontecem. Uma possibilidade seria a criação de um indicador que mensurasse a eficácia do serviço de manutenção. Muito desse indicador, um estudo que vislumbrasse o aumento da disponibilidade baseado nas técnicas de engenharia da manutenção, nesse caso, o indicador de desempenho mais indicado seria o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF – *Mean Time Between Failures*) e ao intervalo necessário para repará-las, Tempo Médio Para Reparo (MTTR – *Mean Time To Repair*). Essa técnica também está atrelada à manutenção centrada em confiabilidade (RCM – *Reliability Centered Maintenance*).

Como visto na seção 3.4.2, a eficácia da equipe de manutenção não é possível de ser avaliada mensurando-se apenas através do indicador do grau de

aproveitamento, uma vez que o esse indicador é composto por outras variáveis que independem da eficácia dos mecânicos e do planejador da manutenção.

Considerando que a empresa em estudo é uma multinacional de grande porte, outra ferramenta deveria ser criada, de maneira oficial dentro da companhia, para demonstrar a eficácia da manutenção.

Essa ferramenta poderia ser um gráfico que descrevesse a quantidade de horas paradas por equipamento de cada linha de produção existente na empresa, como por exemplo, a padronização e a utilização dos gráficos já criados pelo gestor de manutenção responsável pela linha de produção de lâmpadas fluorescentes nº 2 para análise das paradas por equipamento e por dispositivos apresentados na seção 6.4.

Além do acompanhamento mensal da eficácia de cada equipamento, seria possível acompanhar ainda, a médio e em longo prazo, a quantidade de horas de máquina parada mês a mês e verificar se a política de manutenção adota para cada equipamento é a mais adequada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462.

Rio de Janeiro, 1994. 37 p

CARDOSO, I. A. P. Desenvolvimento de Método para Seleção de Políticas de Manutenção Baseado em Análise de Risco. Tese de Doutorado. São Paulo: EPUSP, 2004. 296 p

EBELING, C. E. Na Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.
New York: McGraw – Hill, 1997. 186 p

FILHO, B. Dicionário dos Termos de Manutenção e Confiabilidade.
Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2000. 284 p

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica
Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 31 p

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade.
Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 372 p.

LOPES DOS REIS, R. Manual da gestão de stocks: teoria e prática.
Lisboa: Editorial Presença, 2008. 191 p

NETO, T. C. M. Histórico da Manutenção e do PCM. Disponível em:
<http://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650>. Acesso em 16 abr. 2012

PALARCHIO, G. Why PM Programs Do Not Significantly Reduce Reactive Maintenance. Disponível em: <<http://www.mtonline.com/component/content/article/132-june2001/645-why-pm-programs-do-not-significantly-reduce-reactive-mainte>>. Acesso em: 29 abr. 2012

TEIXEIRA, B. S. Análise de Disponibilidade em Máquinas Operatrizes: Uma aplicação a Máquinas Têxteis. Dissertação de Mestrado. São Paulo: EPUSP, 2008. 148 p

XENOS, H. G. Gerenciamento a Manutenção Produtiva.
Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda., 2004. 302 p