

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE FORMATURA

PLANEJAMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

AUTOR: CLAUDIO SIMÃO

ORIENTADOR: PROF. DR.
ETTORE BRESCIANI FILHO.

1980

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I - Estruturação Geral e Estabelecimento das Diretrizes Básicas	1
CAPÍTULO II - Danos e Defeitos nos Elementos das Máquinas - Engenharia da Confiabilidade - Diagnóstico Preliminar	15
CAPÍTULO III - Plano de Operações de Lubrificação..	40
CAPÍTULO IV - Plano Global de Manutenção Preventiva de Máquinas e Instalações.....	47
BIBLIOGRAFIA -	58
ANEXO I -	59
ANEXO II -	75

SUMÁRIO

Analisamos em nosso trabalho o planejamento e aplicação de alguns processos de manutenção, principalmente aqueles que objetivam manter os equipamentos em condição de assegurar produtividade normal e qualidade confiável de seu produto, além de prevenir as linhas de produção (ou especificamente as máquinas isoladamente) de quebras decorrentes de desgaste e fadiga de seus órgãos (como também outros sintomas detectáveis).

Certamente à este tipo de manutenção, denominado por nós de "Manutenção Preventiva" ou "de Prevenção", associamos todos os procedimentos que essencialmente tenham por fim atingir aqueles objetivos citados no parágrafo anterior; e que devem estar associados, quando não em sua aplicação, ao menos relativamente a seus planejamentos e a realimentação dos mesmos (operação esta que alicerça e permite a continuidade do processo).

Em conformidade com a noção de Controle de Qualidade Global, no seu sentido mais amplo, podemos relacionar aos procedimentos de manutenção preventiva (de acordo com o estabelecido por nós) não apenas funções operacionais; mas, antes de tudo um sistema administrativo organizado de modo a integrar os esforços para o desenvolvimento, a manutenção e o melhoramento (ou até otimização) da "Qualidade" dos produtos parciais, em níveis econômicos satisfatórios.

Sendo assim parece-nos claro que a "Manutenção Preventiva" é membro efetivo do "Controle de Qualidade", e um planejamento global das operações de manutenção deve considerar as diretrizes estabelecidas pelo "Plano de Controle de Qualidade Global", bem como realimentar como ser realimentado pelo mesmo (por exemplo a distribuição de custo sobre a produção nos mostra que existe um limite de atuação da manutenção pre-

III.

ventiva, além do qual a mesma se torna onerante e mesmo injustificável).

Em nosso trabalho não discorreremos detalhadamente sobre componentes e conjuntos das máquinas (existe uma bibliografia bastante diversa já elaborada), bem como a respeito dos tipos de falhas suas origens e conseqüências. Comentaremos apenas o necessário no Capítulo I e utilizando os resultados que se nos apresentam normalmente através da prática e análises estatísticas*. Deteremo-nos portanto essencialmente no planejamento propriamente dito dos processos de manutenção preventiva e da aplicação dos mesmos, sem nos preocuparmos em especificar o modo de execução das operações.

O "Plano Global de Manutenção Preventiva", como aqui apresentado, vem sendo aplicado a dois anos e meio em indústria nacional de grande porte, surtindo efeitos bastante positivos - como apresentamos no fim do trabalho.

Basicamente estão envolvidos: o Plano de Lubrificação de Máquinas, Plano de Lubrificação e Manutenção de empilhadeiras que foram preliminares, e o "Plano de Manutenção Preventiva" implantado posteriormente.

Todos os modelos de fichas e tabelas mencionados no texto estão colecionadas no Anexo II por questão de diagramação.

(*) Estes resultados são apresentados em bibliografia indicada no fim do trabalho, sendo que as mesmas mostraram-se eficientes quando da sua aplicação de acôrdo com os critérios aí indicados.

CAPÍTULO I

ESTRUTURAÇÃO GERAL E ESTABELECIMENTO DAS DIRETRIZES BÁSICAS

I.1 - INTRODUÇÃO

A noção de planejamento de manutenção preventiva na realidade, ou seja, no seu sentido mais amplo, engloba todas as medidas e operações que previnam a parada imprevista da máquina por algum fator previsível. Sendo assim deveríamos, num estudo geral dos processos de manutenção analisar também as medidas - que envolvem a compra ou o projeto da máquina, sua adequação em relação ao serviço a ser executado, fabricação, testes e especificações.

Nos capítulos subsequentes analisaremos o planejamento e a aplicação de alguns processos de manutenção de prevenção que estão associados mais diretamente ao controle de qualidade, objetivando assim manter a produtividade normal e qualidade confiável do produto em sua fase de elaboração. Neste capítulo discutimos preliminarmente as medidas preventivas referidas a compra ou projeto, transporte, instalação adequação a linha de produção ao serviço a ser executado e fabricação, e especificações para a manutenção "propriamente dita".

I.2 - COMPRA OU PROJETO E FABRICAÇÃO DA MÁQUINA

O Setor de Manutenção deve atuar diretamente no processo de compra de novas máquinas, obviamente em associação - aos setores de Projetos e Comercial; sendo que o primeiro estabelecerá o tipo de máquina a ser adquirida face a função que a mesma deve executar e o segundo estudará sua viabilidade econômica. No entanto, o setor de Manutenção tem condições de ponderar de maneira efetiva relativamente a conveniência ou não - da compra de terminada máquina, com base na própria alimentação fornecido pelo processo de manutenção cotidiana (de emergência e preventiva, além das reformas programadas). A coleção dos dados e especificações das máquinas, além do histórico de seu comportamento fornecido através dos processos de manutenção organizados de maneira racional (vide Capítulo IV), mostrou-se de enorme valor tanto para a própria realimentação do planejamento da manutenção preventiva como para os setores de custos, tempos e métodos, projetos e principalmente para o controle de qualidade. Obviamente a maneira pela qual utiliza-se estes dados e em que intensidade os mesmos são ponderados entre si e relativamente aos outros setores, é função da própria estrutura político-administrativa da indústria em questão, como discutiremos adiante.

No caso utilizamos para a compra de máquina, nova e usada, o procedimento baseado naquele da publicação da Associação Sueca de Indústrias Mecânicas, essencialmente equivalente as recomendações da norma alemã, associado aos dados ao histórico de máquinas equivalentes.

I.2.1 - Considerações Preliminares

1) A máquina a ser substituída (se fôr o caso) realmente já se

tornou obsoleta? Em vez de substituir a máquina velha não seria possível adaptá-la e associar a mesma a outra máquina de modo a obter-se melhores condições de operação?

- 2) Foi feito cálculo de amortização? Em quanto tempo a mesma vai se amortizar
- 3) Quem está requerendo a máquina nova? Quando foi feito o primeiro pedido? Por que este foi recusado? Como a situação foi contornada até agora?
- 4) Que influência terá a máquina nova sobre a quantidade de material em processo de fabricação?
- 5) Quanto tempo será necessário para atender a linha de produção, a partir do momento da entrada da máquina em funcionamento?
- 6) Quanto tempo levará a instalação? Qual o prazo de entrega?
- 7) A compra da máquina acarretará novos investimentos?
- 8) Qual o espaço necessário para a instalação da nova máquina. Existe este espaço?
- 9) Todas as pessoas interessadas foram consultadas antes da encomenda?
- 10) Será necessário para a produção durante a instalação da máquina nova?

1.2.2 - Características da Máquina

- 1) Quais são as velocidades e os avanços (ou parâmetro similar)?
- 2) A máquina admite modificação de velocidades e avanços, a fim de atender outras necessidades?
- 3) A máquina atende as tolerâncias e acabamento de superfície - visados?
- 4) Dispõe-se de dados sobre a eficiência da máquina com as diferentes cargas e velocidades?
- 5) Como se comparam, com outras máquinas ofertadas, as dimensões de interesse, por exemplo, largura do barramento, peso, potência e gama de velocidades?
- 6) A potência a estabilidade e as velocidades são suficientes para permitir o emprego de ferramentas de corte modernas (cerâmicas, etc).
- 7) A máquina está bem concebida (opinião do operador pode se fazer importante)? As alavancas, botões, cabos, volantes estão posicionados para alcance e manuseio confortável, de modo que o operador conserve uma posição natural?
- 8) A máquina esta equipada para proteger o operador e os vizinhos contra acidentes?
- 9) As operações manuais permitem ao operário operar mais que uma máquina?
- 10) A concepção da máquina permite fácil acesso aos pontos de execução dos trabalhos de manutenção preventiva, tais como limpeza, lubrificação, inspeção e consertos?
- 11) Os dispositivos de lubrificação previstos são adequados (intervalos de lubrificação razoavelmente amplos)?

- 12) São fornecidos ou podem ser obtidos dados sobre a duração dos componentes, peças sujeitas a desgaste forçado, comandos elétricos, etc.?
- 13) Serão necessários novos materiais e equipamentos para a manutenção (peças, ferramentas, lubrificantes)?
- 14) É necessário ampliar o estoque de peças sobressalentes?

I.2.3 - Particularidades, Componentes e Utilidades para Máquinas Operatrizes

- 1) Quais são os acessórios e equipamentos para as operações? Deve-se fazer um levantamento daqueles que acompanham a máquina e uma lista de todos equipamentos e ferramentas necessários?
- 2) Qual é a altura da ferramenta em castelo e sobre-suporte?
- 3) A máquina necessita ferramentas especiais para seu funcionamento? Pode ser utilizada com ferramentas disponíveis? As ferramentas previstas enquadram-se no sistema de padronização adotado?
- 4) Os acessórios e aparelhos, a fornecer com a máquina, poderão ser utilizados em outras máquinas existentes?
- 5) Os dispositivos de fixação e colocação são suficientemente precisos para assegurar a precisão desejada das peças a usinar?
- 6) Há necessidade de aparelhos de medição especiais?

- 7) Se não incluídos, o fabricante pode fornecer desenhos do aparelho especial?
- 8) Qual o estoque de peças e acessórios a manter?

I.2.4 - Processamento da Compra da Máquina

- 1) Qual o preço da máquina? É fixo? Quais as condições de pagamento?
- 2) Qual é o prazo da garantia (defeitos ocultos, material, exatidão, funcionamento)?
- 3) Quais são as garantias financeiras asseguradas pelo fabricante (reposição de peças, conserto, devolução do pagamento, substituição da máquina). Consertará a máquina no local da instalação?
- 4) Está prevista multa no caso de atraso de entrega?
- 5) A entrega é feita na oficina do comprador ou do vendedor?
- 6) Quem paga o transporte? E o seguro? E a embalagem? Quem se encarrega da carga e descarga?
- 7) Quais os acessórios incluídos no preço e quais serão cobrados separadamente? Quanto custam os acessórios, desde o início, e quando serão necessários e quanto custarão os demais?
- 8) Quanto custam as peças de reposição que devem acompanhar a máquina?

- 9) Quando foi fundada a firma? Tem tradição? Muda de nome frequentemente? Fornece para quem?
- 10) Existe alguma preferência pelo fornecedor? Por que?
- 11) Pode ser considerada a máquina nacional? O fabricante tem condições de fornecer rapidamente os componentes essenciais ou diversas peças avulsas substitutas?
- 12) Máquina equivalente esta funcionando em algum lugar? Há quanto tempo? Quais as firmas que podem informar sobre o seu desempenho? A quem se deve dirigir? Pode-se visitar estas firmas e ver a máquina em funcionamento, trocando idéias com o operador, com o encarregado e com o chefe de manutenção ou mestres? Qual a opinião ouvida? Foram atendidas a contento? Os defeitos foram eliminados?

I.2.5 - Fabricação de Máquina

Considerações: acompanhamento do processo de fabricação de uma máquina encomendada só se justifica em casos especiais - de necessidade de maior credibilidade de atuação desta ou de - prazo de entrega, por exemplo. Em visitas periódicas deve-se - concentrar nos pontos mais críticos relativos as necessidades - em jogo. Obviamente o procedimento de acompanhamento não deve - interferir no processo de fabricação, a menos que não cumpridos a programação ou requisitos pré-estabelecidos.

- 1) A programação esta sendo cumprida? A que se deve o atraso? - Será recuperado, mantendo o padrão de qualidade?
- 2) Todas as peças foram ou estão sendo fabricadas com materiais adequados?

- 3) O acabamento, tolerâncias das peças, tratamento térmico estão corretos? Pode-se ver as fichas de controle? Foram evitados os intensificadores de tensões?
- 4) As juntas de vedação, as gaxetas, as tampas protetoras são suficientes para proteger a máquina contra sujeira, poeira, cavacos, líquidos de refrigeração, retalhos e limo?
- 5) A proteção de todos os circuitos é suficiente (tanto contra danos devidos a causas externas, como por defeitos internos Inclui os dispositivos de controle)?
- 6) As indicações estão no idioma do comprador?
- 7) Foi preparada tabela, com os resultados dos ensaios e da precisão com os desvios, segundo as normas?
- 8) Devem ser enviadas ao fabricante as amostras a usinar, para que o mesmo proceda aos ensaios antes do embarque da máquina? O representante do comprador deve estar presente?
- 9) A máquina foi devidamente preparada para o teste, lubrificada, abastecida e nivelada?
- 10) É evitada a sobrecarga, excesso de rotação e qualquer outro abuso que poderá refletir no funcionamento ou na durabilidade?

I.2.6 - Transporte

- 1) Como será feito o transporte?

- 2) Que tipo de embalagem será utilizada?
- 3) Os meios de transporte e de levantamento são suficientes para carregar, transportar, descarregar a máquina? Será necessário subcontratar estes serviços?
- 4) Existem na praça meios adequados? Se fôr necessário subcontratar estes meios fora da praça, quanto tempo levará?
- 5) Como será protegida a máquina (Toldos, graxa protetora, envoltoários, suportes para evitar o falso brinelamento, fixação, etc.)?
- 6) Se a máquina vier em peças separadas, como serão as mesmas identificadas e estocadas (para abrir as caixas na sequência certa)?
- 7) Existe na máquina lugar destinado a suspensão ou levantamentos?

1.2.7 - Instalação

- 1) O fabricante pode enviar os desenhos de alvenaria a executar, as informações relativas as instalações (esquema dimensionado mostrando as posições e as dimensões das conexões elétricas, das canalizações de água e de ar, tipo dos cabos tubulações, etc), antes do fornecimento da máquina? E o modelo para "layout" (1 por 50)?
- 2) Será necessário construir fundação para a máquina? Esta deverá ser isolada contra vibrações? Se a máquina for coloca-

da diretamente sobre o piso, isto afetará sua precisão?

- 3) A instalação da máquina exigirá acomodações especiais, tais como ar condicionado, controle da temperatura ambiente, proteção particular contra corrosão ou contra incêndio?
- 4) A máquina necessita de ar comprimido, água ou refrigeração, de dispositivos de eliminação de restos de vapor, de líquidos ou de gás quente?
- 5) Quais são os limites de pressão e de temperatura?
- 6) As instalações atuais permitem satisfazer estas necessidades sem modificação ou ampliação?
- 7) Qual será a imensidade do ruído? Será necessária a instalação de equipamento de atenuação de ruído? E de equipamento individual de proteção?
- 8) Qual a iluminação prevista? Será incluída na máquina?
- 9) Existem exigências quanto a pintura?
- 10) Quais as exigências para a instalação (dependem das condições internas da indústria)?

I.2.8 - Circuitos Elétricos

- 1) Qual a voltagem necessária?
- 2) As necessidades de suprimento elétrico correspondem às instalações existentes? Haveria necessidade de transformador -

mais possante e cabos mais grossos?

- 3) Os motores e órgãos de comando estão de acordo com as normas em vigor?
- 4) Os componentes elétricos estão colocados em caixa especial, e as conexões entre esta caixa e a máquina são fornecidas?
- 5) A linha nova terá novas ligações nos próximos anos?

1.2.9 - Operador e Pessoal de Manutenção

- 1) O pessoal deverá ser devidamente treinado? Como será feito o treinamento?
- 2) Serão fornecidas instruções relativas ao funcionamento da máquina, à operação, colocação de ferramentas, aparelhos e aproveitamento máximo?
- 3) O pessoal pode ser treinado na fábrica do fornecedor? Quando se deve enviar este pessoal?
- 4) Os catálogos necessários e requeridos serão fornecidos?

1.3 - COMPRA DE MÁQUINAS USADA

Basicamente todas as considerações feitas para a compra de máquinas novas, sendo que maior atenção é requerida quanto a procedência da máquina, estado da mesma, fatores eco-

nômicos e produtivos em relação a máquina nova e dados para a manutenção. Ponderar tais fatores racionalmente é tarefa árdua e bastante crítica. Não nos prenderemos a este tópicos - pois não foi realmente utilizado no planejamento da manutenção preventiva, ou seja, não pudemos aplicá-lo e conseqüentemente verificá-lo.

I.4 - RECEBIMENTO DA MÁQUINA, INSTALAÇÃO E ADEQUAÇÃO DO FUNCIONAMENTO.

Muitas vezes o transporte da máquina é realizado pela própria indústria fabricante, no entanto, mesmo nestes casos o setor da Manutenção Preventiva pode e deve atuar no sentido de assegurar a proteção contra intempéries e danos mecânicos durante o processo, pois, apesar do fabricante assumir a responsabilidade em caso de qualquer dano, isto causaria um atraso não previsto prejudicando o planejamento da produção. Danos internos devido a choques, vibração excessiva durante o transporte, sustentação em pontos incorretos, armazenamento im próprio podem ficar mascarados durante dias ou semanas de funcionamento causando assim transtorno ainda maior.

Para a instalação correta da máquina podem ser previstos e ponderados todos os fatores tanto pelo setor de Produção, Qualidade e Manutenção. Esses fatores levantados pelos respectivos setores são decisivos pois um mal posicionamento da máquina pode levar a tempo perdido no fluxo normal dos materiais da linha de produção, dificuldades para atuação conveniente do pessoal da manutenção preventiva ou falta de espaço ou condições para manutenção da máquina (máquina fora do alcance do quinho, por exemplo).

Instalada a máquina, ou durante o processo os materiais de proteção utilizados para o transporte da máquina (por exemplo os antiferruginosos) devem ser removidos, a máquina lavada e secada e os protetores removidos. A máquina então deve ser relubrificada e provida dos fluidos hidráulico, refrigerante, etc.

Segue o nivelamento da máquina, no qual devem ser consideradas, com atenção, as tolerâncias fornecidas pelo fabricante.

Finalmente cabe evidenciar que uma das operações de maior importância na fase de instalação da máquina é sua inclusão no plano de manutenção preventiva, na maior parte das vezes já implantado e em andamento. A máquina deve conter os manuais de instrução (do operador e do mantenedor), além de dados detalhados de seus componentes, sendo que dados complementares devem ser levantados nesta fase (na montagem da máquina). Os dados retirados desses manuais irão alimentar a ficha na máquina para a elaboração do procedimento de manutenção de emergência e preventiva (pontos críticos, periodicidade de verificação, posicionamento dos rolamentos para aplicação de análise de vibração, etc.). Os pontos de lubrificação são identificados (vide capítulo III) como também sua periodicidade e tipos de óleo e graxa (ou seu equivalente utilizado na indústria), como também outros pontos ou operações críticas (limites de temperatura ou pressão, vazamentos, vibração, ajustes de pré-carga de rolamentos, etc.).

A verificação do funcionamento e operações corretas da máquina também deve ser feita pelo pessoal de manutenção, associada então ao setor de Treinamento (e algumas vezes de Qualidade). Observar as recomendações do fabricante é fundamental. Além do mais o operador deve ser treinado de modo a operar corretamente a máquina com o melhor desempenho e menor desgaste possível, além de conhecer e interpretar os dispositivos de controle do painel como os outros sintomas de defeitos da máquina (

ruídos, vazamentos, vibrações, etc). O operador deve ser "doutorado" de acordo com os preceitos da "Qualidade de Prevenção ao desgaste prematuro", sendo assim doada ao mesmo certa parcela da responsabilidade pela manutenção das mesmas.

Como veremos no capítulo IV, o operador da máquina - é parte atuante da equipe de manutenção preventiva, não só relatando os sintomas das máquinas, mas também participando efetivamente do processo de manutenção (o que faz com que o mesmo sintase realmente responsável pela máquina que opera).

CAPITULO II

DANOS E DEFEITOS NOS ELEMENTOS DE MÁQUINAS
ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE · DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

II.1 - INTRODUÇÃO

De um modo geral a parada imprevista das máquinas é decorrente de um processo de danificação de seus componentes. Normalmente a quebra de um dos componentes da máquina acarreta a danificação de outros componentes, além de que a parada imprevista da máquina ocasiona intervalo de tempo perdido para localização da falha, compra do material quando este não estiver disponível em estoque, parada da linha de produção, - etc. Sendo assim o custo (direto e indireto) de uma parada imprevista comumente chamada "parada de emergência" para operação de manutenção é muito maior do que aquela feita de maneira programada, periodicamente.

Como os processos de danificação dos elementos das máquinas são progressivos, e conseqüentemente os seus sintomas, podemos detectar sua existência e programar a substituição da peça componente em questão.

Podemos identificar as principais origens dos danos em máquinas:

- a) Erros de especificação ou do projeto. A máquina ou alguns dos seus componentes não correspondem às necessidades de serviço. Trata-se de dimensões, rotações, marchas ou de materiais, tratamento térmico, ajustes, acabamento de superfície ou, ainda, erros de desenho.

- b) Erros de fabricação (de componentes ou montagem mal feita). Trata-se de trincas, inclusões, concentrações de tensões, - contato imperfeito, folgas exageradas ou insuficientes, empeno ou submissão de peças às tensões iniciais não previstas no projeto.
- c) Instalação imprópria. Trata-se de desalinhamento dos eixos entre o motor e a máquina acionada, fundação sujeita a vibração, sobrecarga ou trinca e sujeição a elementos exter - nos danosos.
- d) Manutenção imprópria. Trata-se de perda de ajustes e da efi ciência da máquina devido à sujeira, falta momentânea ou to tal de lubrificação, lubrificante impróprio que resulta em ruptura do filme ou em sua decomposição, superaquecimento - devido ao excesso ou à insuficiência de viscosidade, falta de reapertos, falta de controle de vibrações.
- e) Operação imprópria. Trata-se de sobrecarga, choques e vibra ções que acabam em ruptura do componente mais fraco cujas - partes provocam, geralmente, um estrago grande nas outras - peças. Neste trabalho não serão consideradas medidas preven tivas a respeito de projetos ou desenhos, mas, das falhas - originadas nos erros de especificação, de fabricação, de - instalação, de manutenção e de operação que podem ser res - tringidas com um controle melhor. As falhas são inevitáveis quando aparecem em função do trabalho executado pela máqui - na. Neste último caso a manutenção restringe-se à observa - ção de progresso do dano (p.e. desgaste de dentes numa esca - vadeira), para que se possa substituir a peça no momento - mais conveniente.

A análise dos danos e defeitos é então desenvolvida para apurar a razão da falha e atuar de modo evitar-se a repetição da falha. A referência 5 nos dá boas indicações a respeito deste procedimento:

Para que a análise possa ser bem feita não basta examinar a peça falhada. É necessário fazer um levantamento de como ocorreu, quais eram os sintomas, se já aconteceu antes, quanto tempo trabalhou a máquina desde a compra ou a última reforma, quais foram os reparos que já sofreu, em quais condições de serviço ocorreu a falha, quais foram os serviços anteriores, qual era o operador e por quanto tempo, e todo e qualquer dado que possa contribuir para encontrar a causa da ocorrência. Além disso, deve-se fazer uma observação pessoal das condições gerais da máquina e exame dos arquivos (a pasta da máquina).

O passo seguinte será fazer o diagnóstico do defeito, sua localização e a necessidade da desmontagem da máquina.

A desmontagem completa deve ser evitada, porque é cara e demorada, tirando a máquina de produção, mas, às vezes, será indispensável. O caso típico é um dano com desprendimento de limalha que se espalhou pelo circuito inteiro de lubrificação ou hidráulico.

Após a localização e a determinação da desmontagem, esta deverá ser feita, dispondo-se na bancada, as peças interligadas, juntas, na posição de funcionamento. O óleo drenado deve ser guardado para análise. As peças não devem ser limpas na fase preliminar e sim na fase do exame final e devem ser limpas pelo próprio analisador, para que não se destruam os vestígios, que podem ser importantes. Em seguida, as peças devem ser etiquetadas.

Examinando as peças danificadas notamos que a variedade de danos nas máquinas é bastante limitada, sendo que os

mesmos tem características próprias bem determinadas: Desgaste; corrosão; quebras ou deformação por impacto ou estática; quebra ou deformação por choque térmico; quebra por fadiga; além de que devemos sempre considerar os danos característicos dos elementos das máquinas (por exemplo, engrenagens, bucha, retentor, etc). Uma ótima descrição das características gerais dos danos e defeitos encontra-se na referência 5.

Maiores detalhes a respeito da manutenção efetuada - com base no estado dos elementos da máquina são dados no capítulo IV, no qual apresentaremos um plano de manutenção preventiva nestes moldes.

II.2 - ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE E SUA APLICAÇÃO A MANUTENÇÃO DE PREVENÇÃO - OS MÉTODOS ESTATÍSTICOS DA FALHA.

A aplicação da teoria da confiabilidade mostrou resultados surpreendentes, quando da sua aplicação no plano base de manutenção preventiva apresentado por nós no capítulo - IV. Apesar de ter-nos faltado tempo para adaptar melhor a análise estatística da confiabilidade ao nosso plano, quando aplicada esta teoria mostrou-se perfeitamente utilizável, requerendo apenas um elemento do pessoal de manutenção que disponha de mais tempo para aplicá-la ao planejamento.

Na atual fase de aplicação do plano de manutenção, - utilizamos esta teoria apenas em máquinas chaves, cujas quebras constituiriam gargalos das linhas de produção. A teoria aqui apresentada esta desenvolvida na referência 3.

II.2.1 - A Abordagem Estatística da Falha e a Tomada de Decisões - Natureza da Tomada de Decisões -

A tomada de decisões no âmbito da gerência da manutenção atravessa inevitavelmente as fronteiras departamentais, por necessitar de informações de diversas fontes, em cada um dos aspectos relacionados com sua função, seus objetivos, sua estrutura organizacional e suas ações. Tais decisões podem variar em importância desde a substituição de um equipamento principal - até a um pequeno reparo. É importante portanto entender a estrutura do processo de tomada de decisões.

Existe um problema decisório quando:

1. há um objetivo em vista;
2. existem pelo menos duas alternativas a acionar;
3. há incerteza quanto à melhor alternativa;
4. estão presentes fatores externos que podem afetar o resultado, fora do controle de quem toma a decisão.

A Figura 2.1 mostra as linhas gerais do procedimento de tomada de decisão em tais circunstâncias.

Um problema típico de manutenção consiste na ocorrência de falhas repetitivas de um equipamento. A melhor alternativa a ser adotada será aquela que minimize esta frequência e sua seleção poderia tomar por base, como se faz normalmente, o critério de custo mínimo. As alternativas possíveis seriam:

- . modificação do projeto;
- . substituição a intervalos determinados antes de cada falha;
- . substituição após inspeção antes de cada falha e
- . substituição após a falha.

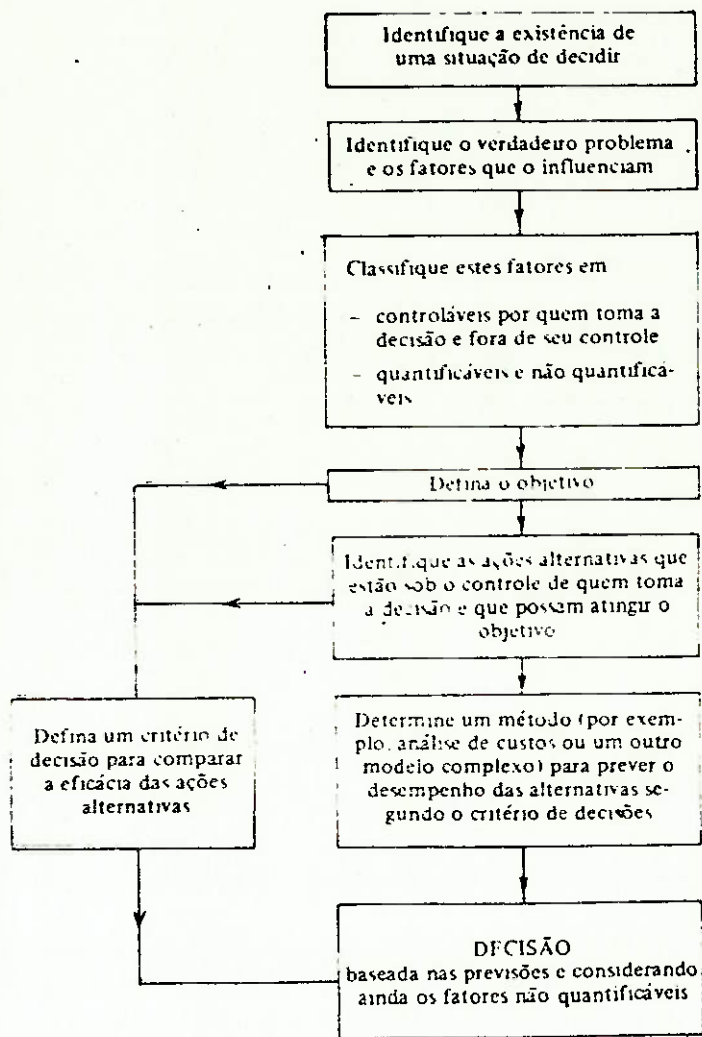


Figura 2.1 - Métodos de Tomada de Decisões

A identificação da melhor alternativa de ação só é possível se os fatores que influenciam o problema forem bem compreendidos. Os mais importantes seriam possivelmente a causa das falhas, sua incidência com relação ao tempo, os custos de manutenção, os custos da modificação do projeto e os elementos não quantificáveis relacionados com a receptividade de um programa de manutenção preventiva.

Em algumas situações do tipo acima são suficientes uma simples análise de custos e um pouco de engenharia para alinhar as alternativas e tomar uma decisão. Por outro lado, para prever o desempenho das alternativas poderia ser necessário o uso de modelos complexos da situação, envolvendo padrões estatísticos do comportamento da fábrica e mecanismos complicados de análise dos custos. (A decisão final necessitaria ainda da apreciação de fatores não quantificáveis). A escolha das técnicas que poderiam ser incorporadas a estes modelos (teoria das filas, simulação, análise estatística das falhas e outros) é mostrada na Referência 3.

As decisões em manutenção variam muito em importância: Existem decisões de maior nível que podem ser irreversíveis e demandar um enorme dispêndio de capital, a exemplo da modificação de projeto de um equipamento de grande porte. Nestes casos os procedimentos da Figura 2.1 seriam seguidos detalhadamente e poderiam requerer a reunião e a análise de uma profusão de dados. Igualmente importante, mas de um tipo diferente, é a situação de uma peça de valor que apresente com frequência o problema substituir x reparar. O procedimento neste caso consistiria em estabelecer objetivos e regras para orientação de quem toma decisões em um nível menos elevado, a exemplo dos encarregados; deve ser providenciado, naturalmente, um sistema complementar de informações.

O último exemplo ilustra a necessidade de manter preparados para sua tarefa todos aqueles que são responsáveis pela tomada de decisões em qualquer nível. Nem sempre é possível,

ou mesmo desejável, estabelecer regras, mas é absolutamente essencial assegurar que os objetivos da manutenção sejam claramente compreendidos em todos os níveis e que os sistemas de informações sejam projetados para fornecer a informação correta, à pessoa certa, na ocasião propícia.

II.2.2 - Uma Introdução à Estatística da Falha.

Muitos dos problemas na área da manutenção e da confiabilidade são situações que envolvem variáveis probabilísticas. Para estabelecer um modelo destas situações é necessário - portanto compreender os princípios básicos da estatística da falha, isto é, a aplicação de técnicas à descrição e à análise - dos padrões de falha de componentes e de equipamentos.

Omitiremos a análise dos parâmetros e conceitos básicos da estatística (média, variância, desvio padrão, função, densidade de probabilidade, etc), apenas mostrando aqueles tópicos da estatística da falha.

II.2.2.1 - A Função Hiper-Exponencial ou de Densidade da Probabilidade Típica de Entrada em Operação.

Em muitos tipos de equipamento encontra-se uma probabilidade de falha muito maior no período imediatamente seguinte à sua instalação do que em sua vida útil subsequente. A função exponencial negativa apresenta um decréscimo suave, ao passo - que para os equipamentos acima citados existem duas fases: uma

queda exponencial inicialmente rápida e posteriormente mais suave, conforme ilustra a Figura 2.2.

Aparentemente algumas destas peças são fabricadas ou instaladas já com defeitos, porém estes só se revelam no estágio de entrada em operação. Aquelas que sobrevivem a este estágio estariam isentas de defeitos, comportando-se com probabilidade de falha independente do tempo de operação.

Convém notar que o equipamento não melhora com o uso! Ocorre simplesmente que algumas peças sobrevivem mais que as outras.

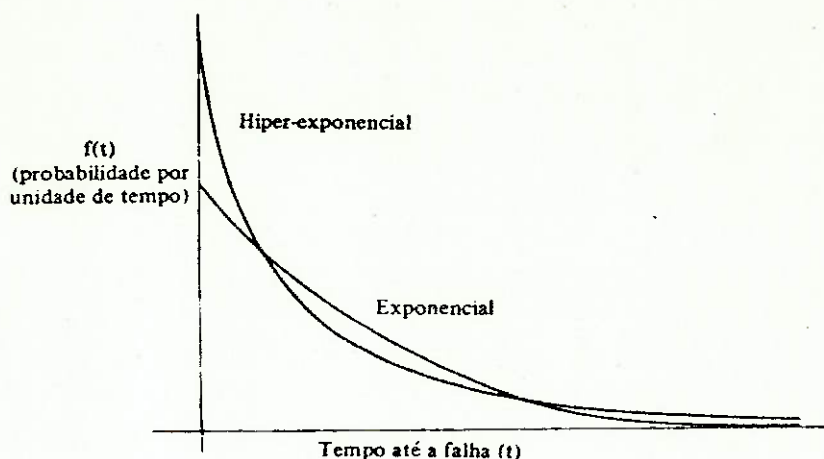


Figura 2.2 - Comparação de funções de densidade de probabilidade de hiper-exponencial e exponencial.

II.2.1.2 - A Função Normal ou de Densidade de Probabilidade Típica de Desgaste.

Muitas peças apresentam um padrão de falha por desgaste bem definido. Elas tendem a falhar em algum tempo médio de operação (m). Em consequência, algumas falham antes e outras - após o tempo médio, dando origem a uma dispersão que pode ser caracterizada pelo desvio padrão (s). A função de densidade de probabilidade dos tempos de operação até a falha se aproxima - bastante, em geral, da expressão

$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2s^2}}$$

que é conhecido como função normal de densidade de probabilidade, representada por uma curva simétrica em forma de sino, conforme a Figura 2.3. Conforme indicado espera-se que 50% das peças apresentem tempos transcorridos até a falha na faixa de $(m-0,67s)$ a $(m+0,67s)$ e que 95% das peças falhem na faixa de $(m-2s)$ a $(m+2s)$.

As tabelas estatísticas apresentam a área sob a curva de distribuição (isto é, as probabilidades) como função do número (x) de desvios padrões acima do valor médio (m). Assim, o primeiro passo na avaliação de probabilidades associadas com um dado tempo (t) transcorrido até a falha, consiste em calcular o valor correspondente de x pela expressão:

$$x = \frac{t - m}{s}$$

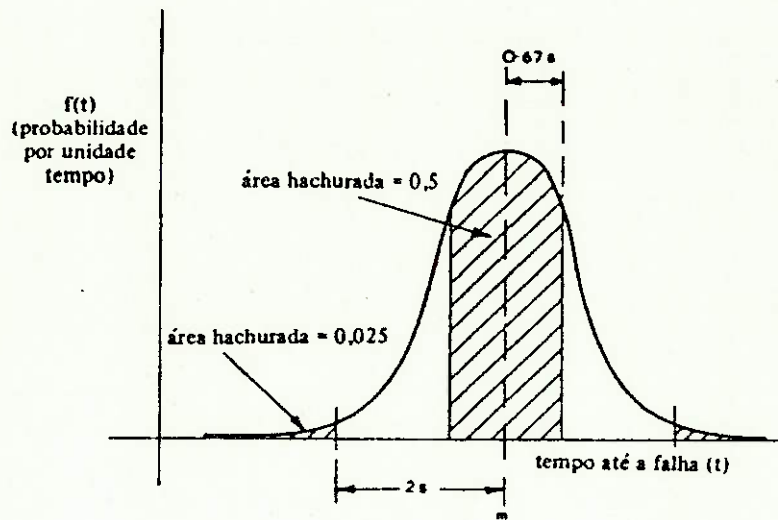


Fig.2.3 - A Função Normal de Densidade de Probabilidade.

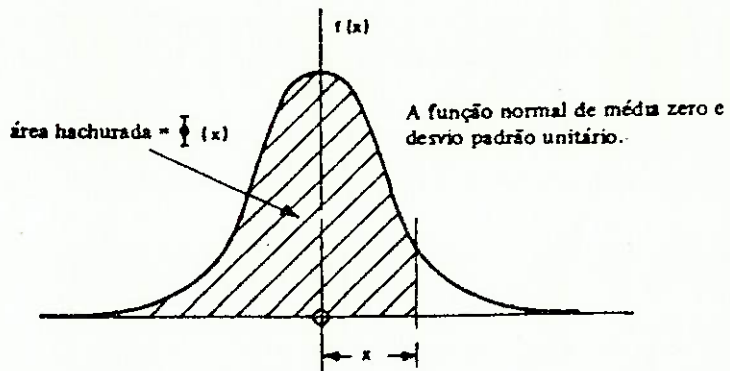


Fig. 2.4 - Probabilidade $\Phi(x)$

Existem tabelas que fornecem a probabilidade $\phi(x)$ de ocorrência de um valor a x , isto é, a probabilidade de uma falha ocorrer antes do tempo correspondente. A maioria das compilações de tabelas estatísticas incluem uma tabela deste tipo.

Exemplo: Certos filamentos de lâmpada apresentam tempos transcorridos até a falha distribuídos normalmente, com uma média de 120 semanas e desvio padrão de 20 semanas. Que fração destas lâmpadas terá uma duração esperada de:

- 1) 150 semanas ou mais?
- 2) Mais de 70 e menos de 150 semanas?

1. Teremos:

$$x = \frac{t - m}{s} = \frac{150 - 120}{20} = 1,5$$

A tabela acima referenciada fornece $\phi(1,5) = 0,9332$ - que é a probabilidade de falha antes de 150 semanas. Assim, a probabilidade de falha após 150 semanas será:

$$p = 1 - 0,9332$$

$$p = 0,0668 = 6,68\%$$

2. Teremos:

$$\text{para } t = 70 \text{ vem } x = \frac{70 - 120}{20} = -2,5$$

$$\text{para } t = 150 \text{ vem } x = \frac{150 - 120}{20} = 1,5$$

É necessário então estimar área hachurada da Figura 2.5.

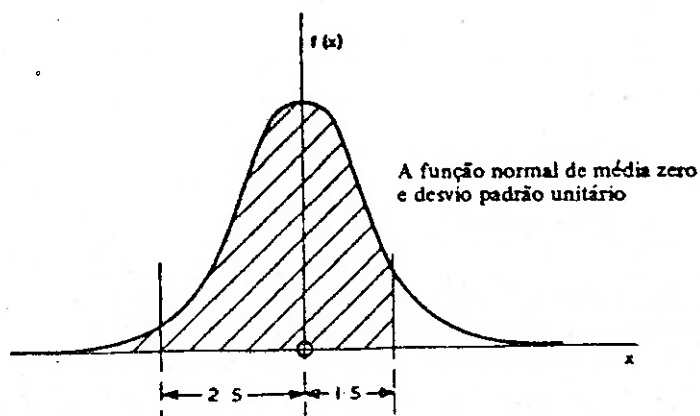


Figura 2.5 - Área estimada no exemplo.

A mesma tabela fornece:

Probabilidade de $x > 1,5 = 1 - \phi(1,5) = 1 - 0,9332 = 0,0668$

A função normal é simétrica, logo a

Probabilidade de $x < -2,5 =$ probabilidade de $x > 2,5 = 1 - \phi(2,5)$

Assim, a probabilidade de $-2,5 < x < 1,5 = 1 - (0,0668 + 0,0062) = 0,927 =$
 $= 92,7\%$

II.2.1.3 - Probabilidade de Falha, Probabilidade de Sobrevida e Taxa de Falha em uma Idade Determinada.

Os dados sobre os tempos transcorridos até a falha - podem ser apresentados sob outras formas, de maior interesse para o estudo da confiabilidade:

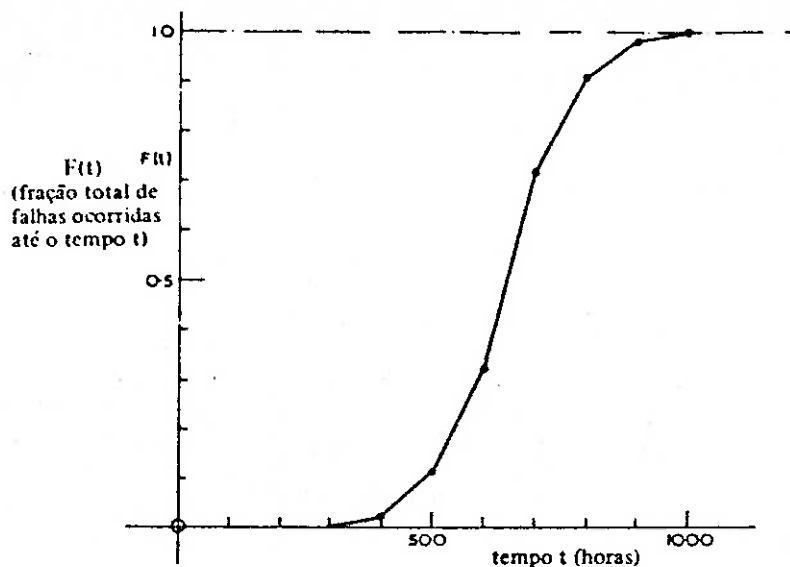


Figura 2.6 - Fração total (ou cumulativa) de falhas em função do tempo (dados da Tabela 2.1).

Probabilidade de falha

A evolução da fração total $F(t)$ de peças que falharam até um dado tempo (t) pode ser expresso sob a forma gráfica - (V.Tabela 2.1 e Figura 2.6)

Tabela 2.1 - Variação da Fração Total de Peças que Falharam com o Tempo.

Tempo t (horas)	0	100	200	300	400	500	600	700	80	900	1000
Fração total peças que falharam $F(t)$	0	0	0	0	0,02	0,11	0,32	0,72	0,91	0,99	1,00

Se a amostra de 100 lâmpadas é considerada representativa, então $F(t)$ é a fração esperada de todas as lâmpadas - que falham antes de completar t horas de funcionamento. Isto é, para qualquer lâmpada, $F(t)$ é a probabilidade de falha antes - de atingir t horas de funcionamento.

Para qualquer função analítica de densidade de probabilidade teremos:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt,$$

que se conhece por função de distribuição cumulativa (fdc). Para a função exponencial negativa teremos:

$$F(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

Probabilidade de sobrevivência

Em contraste com a fração acima, a propagação de peças que sobrevivem após um período de operação de t horas, designada por $P(t)$, pode também ser tabelada e expressa sob a forma de gráfico, como mostra a Tabela 2.2 e a Figura 2.7.

Tabela 2.2 - Variação da Fração de Peças Sobreviventes.

Tempo t (horas)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Fração de peças sobrevi- ventes $P(t)$	1,0	1,0	1,0	0,98	0,89	0,68	0,28	0,09	0,01	0,00

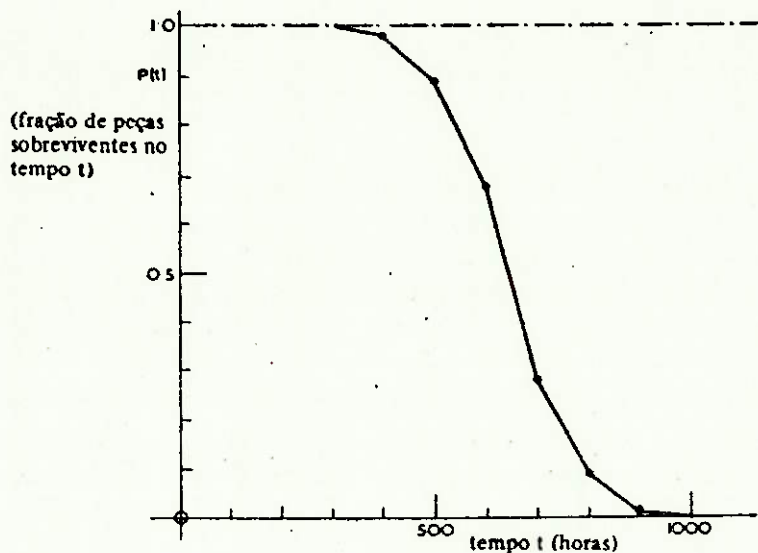


Figura 2.7 - Fração de peças sobreviventes em função do tempo (dados da Tabela 2.1)

É evidente que $P(t) = 1 - F(t)$, resultando para a função exponencial negativa, por exemplo,

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Se a amostra de 100 lâmpadas for novamente considerada representativa, $P(t)$ é a probabilidade de sobrevivência de qualquer lâmpada no tempo t . Na literatura técnica sobre o assunto, $P(t)$ é muito comumente designado "confiabilidade" no tempo t , sendo adotado o símbolo $R(t)$. O tempo probabilidade de sobrevivência é usado aqui para reservar a expressão confiabilidade a casos mais apropriados, a exemplo de equipamentos que não operam até que sejam solicitados, tais como válvulas de alívio de pressão, mecanismos de desarmamento sensíveis à temperatura e outros dispositivos de segurança em geral. A confiabilidade é um parâmetro muito mais apropriado neste contexto, correspondente à fração esperada das demandas que produzem o efeito desejado.

Taxa de falha em uma idade determinada.

Isto é definido como a fração $Z(t)$ das peças que sobreviveram até a época (t) cuja falha é esperada no intervalo de tempo seguinte. Esta taxa está sob a forma de gráfico na Figura 2.8, conforme a Tabela 2.3

A literatura técnica sobre o assunto apresenta, lamentavelmente, uma infinidade de designações para esta taxa, tais como taxa de falha em uma idade determinada, taxa instantânea de falha, taxa de falha local, probabilidade local de falha, - função de risco ou simplesmente taxa de falha, sendo esta última a terminologia mais fraca de todas.

Para uma função analítica de densidade de probabilidade, vem

$$Z(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

e, novamente para o caso exponencial negativo, vem:

$$Z(t) = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda$$

As funções $F(t)$, $P(t)$ e $Z(t)$ para as funções de densidade de probabilidade, podem ser visualizadas na figura 2.9.

II.2.1.4 - A Função de Densidade de Probabilidade de Weibull.

Esta é uma expressão semi-empírica particularmente útil, desenvolvida por Waloddi Weibull em seus estudos sobre a resistência de aços. Sua utilidade no contexto deste assunto -

Tabela 2.3 - Variação da Taxa de falha em idades Determinadas.

Tempo t (horas)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
f(t) Fração de falhas no intervalo após t	0	0	0,02	0,09	0,21	0,40	0,19	0,08	0,01	0
P(t) Fração de peças sobreviventes no tempo t	1	1	1	0,98	0,89	0,68	0,28	0,09	0,01	0
Taxa de falha na idade t										
$Z(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$	0	0	0,02	0,09	0,24	0,59	0,68	0,89	1,00	

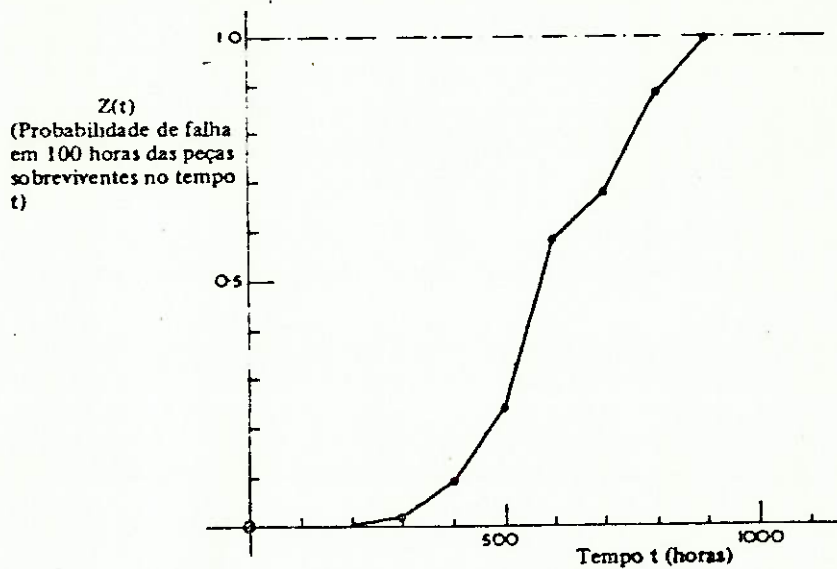


Fig. 2.8 - Taxa de falha em uma idade determinada como uma função do tempo.

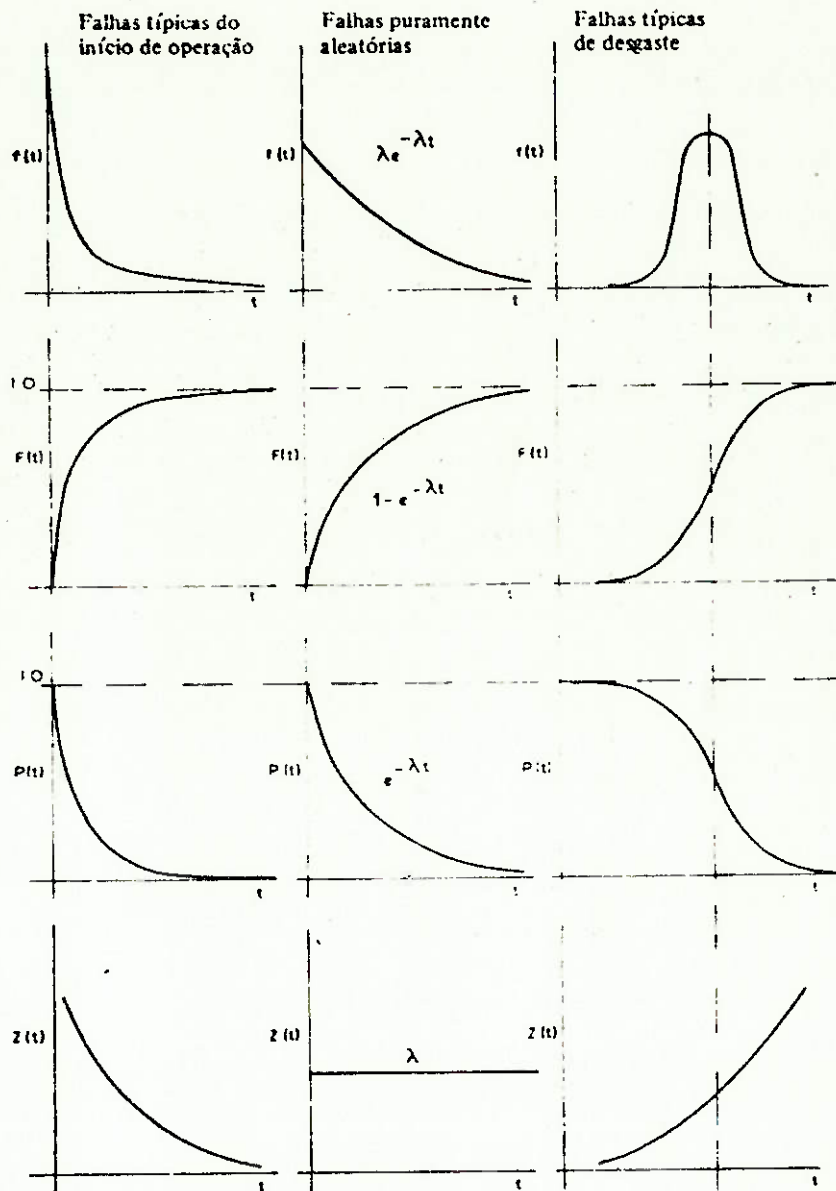


Fig.2.9 - Comparação das funções estatísticas das principais modalidades de falha.

decorre de permitir obter:

1. Uma única função de densidade de probabilidade para representar qualquer um dos três tipos de função de tempo decorrido até a falha decorrentes de falhas típicas de partida, puramente aleatória ou as modalidades de falha por desgaste.
2. Parâmetros significativos da configuração da falha, a exemplo do tempo mínimo provável até a falha e
3. Representação gráfica simples para sua aplicação prática.

As idéias básicas desta função de densidades de probabilidade podem ser compreendidas a partir da concepção do próprio Weibull, que buscava uma analogia entre os componentes cristalinos que constituem uma amostra de aço e os elos que constituem uma corrente.

A probabilidade de falha $F(x)$ de um determinado elo sob uma carga x deve ser da forma mostrada na figura 2.10, sendo que a determinação precisa da forma da curva depende de $\phi(x)$, que é função da carga. Em outras palavras, se forem testados mil elos separados, a fração de peças que falham de uma determinada carga é proporcional à carga e se aproxima da unidade em cargas elevadas.

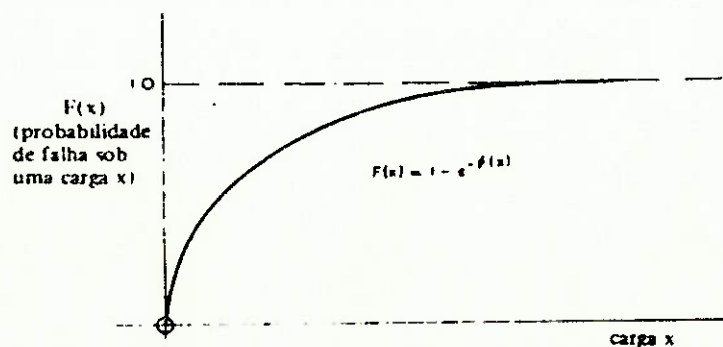


Figura 2.10 - Probabilidade de falha de um elo de corrente em função da carga.

Assim, a probabilidade de sobrevivência de um determinado elo sob carga x seria

$$P(x) = 1 - F(x) = e^{-\phi(x)} = e^{-n\phi(x)}$$

e a probabilidade de falha seria

$$F_n(x) = 1 - e^{-n\phi(x)}$$

que é uma expressão geral apropriada para a probabilidade de falha de uma corrente, uma vez que a falha do conjunto decorre da falha do elo mais fraco, sendo tanto mais plausível quanto maior o número de elos. Weibull a utilizou para correlacionar os dados de falha de espécimes de teste de diferentes dimensões estabelecendo uma analogia entre a dimensão do espécime e, em consequência, o número de componentes cristalinos e o número de elos de uma corrente.

Há ainda necessidade de uma forma definida para a função $\phi(x)$, tal que

1. $F(x)$ deve ser sempre crescente com x ;
2. $F(x)$ deve ser nula no entorno de alguma carga inicial X_0 e
3. $\phi(x)$ deve ser adimensional, por se tratar de um expoente.

Weibull sugeriu a forma:

$$\phi(x) = \left(\frac{x - x_0}{\eta} \right)^\beta$$

onde: x_0 - carga inicial
 η - carga característica
 β - fator de forma

Substituindo na expressão de $F(x)$ vem

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x - x_0}{\eta}\right)^\beta}$$

Nos problemas de confiabilidade, o fator preponderante é o tempo de funcionamento t , desde novo ou desde a última revisão, e não a carga. A expressão de Weibull pode portanto ser escrita sob a forma:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta}$$

Com base nas relações diretas estabelecidas na Seção II.2.1.3, teremos as seguintes funções:

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta}$$

$$f(t) = \frac{\beta(t - t_0)^{\beta-1}}{\eta^\beta} e^{-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta}$$

e

$$Z(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t - t_0)^{\beta-1}$$

Cada um dos termos t_0 , η e β tem um significado prático muito grande apresentado a seguir.

Tempo até a falha inicial ou vida mínima (t_0)

Em muitos casos típicos de desgaste transcorre um intervalo de tempo t_0 significativo até que ocorram as primeiras falhas. A taxa de falha $Z(t)$ só é diferente de zero e -

crescente após o tempo t_0 , de modo que o fator tempo nas expressões de Weibull aparece sempre sob a forma $(t-t_0)$

Vida característica η

Quando $t-t_0 = \eta$, $(P(t) = e^{-1} = 0,37$, isto é, η é o intervalo entre t_0 e o tempo t tal que tenham ocorrido 63% de falhas, restando portanto 37% de peças sobressalentes.

Fator de forma β

As figuras 2.11 e 2.12 mostram como as modalidades de tempo transcorrido até a falha e de taxa de falha $Z(t)$ são influenciadas pelo valor de β . Um padrão de falhas típicas de partida ou de "mortalidade infantil" conduz a um valor significativamente menor que um, ao passo que um padrão de falhas aleatórias (função exponencial negativa) tende a um valor unitário e um padrão de falhas por desgaste, por sua vez, conduz a valores de β mais elevados, muito embora para β inferior a 3, por exemplo, já exista uma tendência a um comportamento aleatório das falhas.

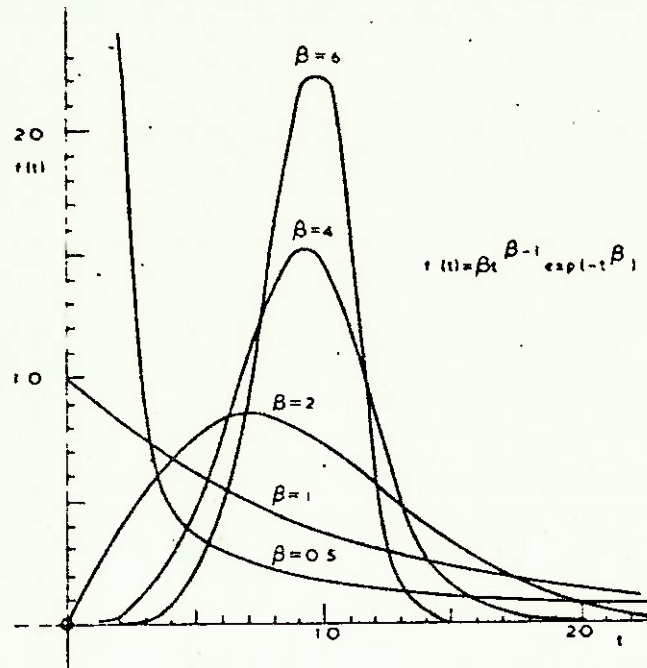


Figura 2.11 - A função de densidade de probabilidade de Weibull (para maior simplicidade $n=1$ e $t_0=0$).

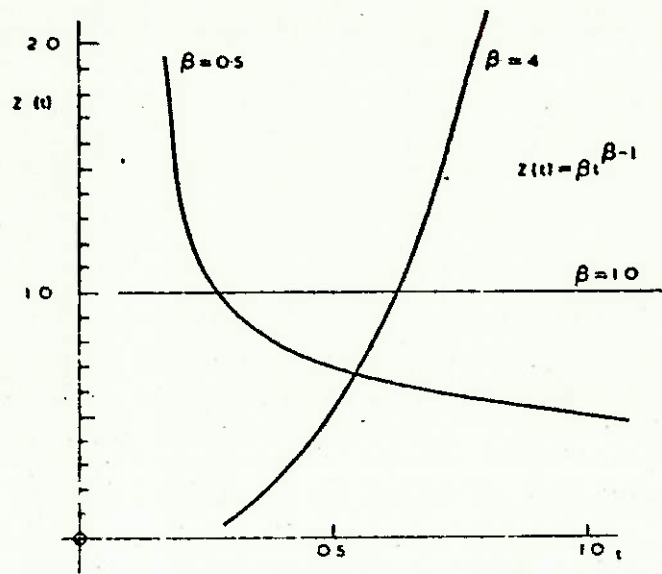


Fig.2.12 - Curva de Taxa de Falha $Z(t)$ de Weibull

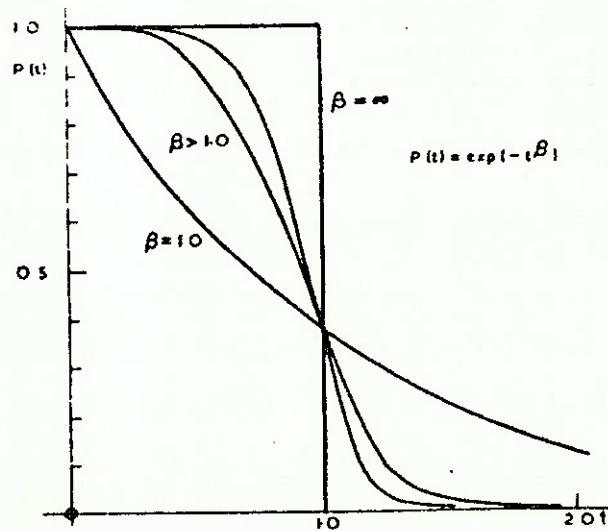


Fig.2.13 - Curvas de Probabilidades de Sobrevivência de Weibull.

O exame da Figura 2.13 é elucidativo; quanto maior o valor de β , tanto maior será a tendência de todos os itens - falharem ao mesmo tempo ($t_0 + \eta$). Assim β é uma medida de consistência de falha. (Convém lembrar, de passagem, que o caso particular de β infinito ilustra a diferença entre dois parâmetros frequentemente confundidos, quais sejam o tempo médio até a ocorrência de falha (TMOF) e o tempo médio entre falhas (TMEF). Neste caso extremo, se todas as peças começam juntas, o TMOF é o valor η e o TMEF é nulo. Apenas no caso da função exponencial negativa estes valores se igualam).

II.2.1.5 - As Limitações da Estatística da Falha na Gerência da Manutenção.

Aprender os princípios e as técnicas da análise estatística da falha, do projeto da confiabilidade e da teoria da substituição é uma coisa; coletar e tornar prontamente acessível um conjunto de dados confiáveis para aquelas fins é outra bem diversa. Isto só se consegue com procedimentos custosos, rigidamente controlados e bastante trabalhosos. De maneira geral, as dificuldades envolvidas são de duas espécies: por um lado os fatores humanos e por outro os fatores relacionados com os equipamentos.

Com relação aos fatores humanos existe uma enorme resistência em todos os níveis quanto à coleta dos dados relacionados com as falhas, especialmente por parte do pessoal das oficinas. Muitos sistemas de coleta de dados estudados pelos autores tiveram pouco sucesso em função da resistência das oficinas e da apatia e falta de empenho de sua supervisão imediata. Com frequência isto não constituía surpresa, por se tratar de um projeto deficiente, imposto ao departamento de manutenção sem uma adequada consulta prévia.

Algumas faltas comuns são:

- . pouca consideração para com os objetivos da coleta de dados, muitos destes claramente desnecessários;
- . apreciação deficiente dos problemas de análise dos dados, de modo a permitir fornecer as informações necessárias à tomada de decisões às pessoas certas na ocasião propícia e
- . exigências muito elaboradas e excessivas para com os encarregados da coleta dos dados.

No projeto de um sistema de coleta de dados (V. Capítulo IV) é vital ter por objetivo a maior simplicidade possível. Um sistema que forneça informações limitadas, porém corretas, na ocasião oportuna, é infinitamente preferível a outro sofisticado porém pouco confiável e implantado para fins gerenciais meramente decorativos.

Os fatores relacionados com os equipamentos podem também impor um obstáculo sério. É evidente que em indústrias onde um grande número de peças idênticas pode ser observado simultaneamente, em condições ambientais comparáveis, os dados podem ser acumulados mais rapidamente e sua análise subsequente torna-se portanto mais produtiva. Se existe apenas um único item, ou se apenas um se encontra disponível para a observação, os tempos transcorridos até a falha têm que ser observados até a falha têm que ser observados entre substituições consecutivas ou reparos daquele item. À época em que tiverem sido acumulados dados suficientes, neste caso, sua análise poderá ter um valor bastante restrito. Muito frequentemente a causa de falhas repetitivas pode ser diagnosticada e eliminada diretamente, encerrando assim o estudo inicial.

II.2.2 - O Perfil da Falha ao Longo da Vida do Equipamento.

A combinação das três curvas $Z(t)$ da Figura 2.9 produz uma única curva conforme ilustra a Figura 3.14. Esta última apresenta, de uma forma bastante genérica, o perfil de probabilidade de falha dos componentes de um equipamento, ao longo de sua vida. Os valores absolutos de $Z(t)$, a escala de tempo envolvida e as dimensões relativas das fases, I, II e III variam em ordem de grandeza de um tipo de peça para outro. Na verdade uma ou duas fases podem não existir, a exemplo de dispositivos de alta confiabilidade de controle de aeronaves, onde a fase I é desprezível e a fase III não ocorre. A curva mostra no entanto, um comportamento geral.

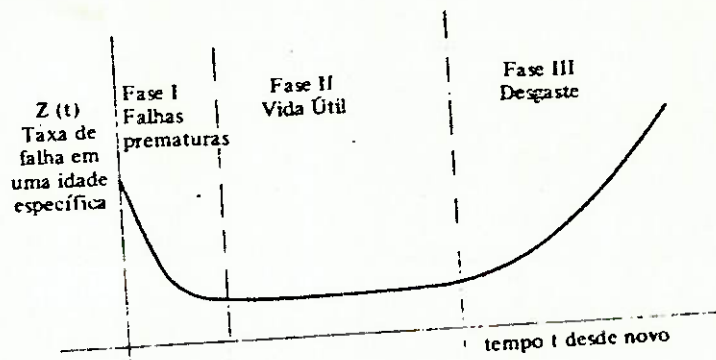


Figura 2.14- Curva $Z(t)$ ao longo da vida do equipamento (curva da banheira).

É interessante notar que os seres humanos constituem um exemplo surpreendente deste comportamento.

A estimativa dos parâmetros do perfil de probabilidade de falhas ao longo da vida dos componentes constituem um requisito essencial à previsão da confiabilidade de um sistema, principalmente na fase II - Vida útil, no que diz respeito

to à taxa média de falhas λ . As informações adicionais, a - exemplo das distribuições dos tempos de reparo, conduzem então às estimativas de disponibilidade e manutenibilidade e, daí, ao nível (e ao custo) da manutenção corretiva e preventiva.

Nos capítulos seguintes apresentamos os planos de manutenção preventiva desenvolvidos com base no discutido nos dois primeiros capítulos.

CAPITULO III

PLANO DE OPERAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO

III.1 - INTRODUÇÃO

O Plano de Operações de Lubrificação foi desenvolvido como sub-plano do plano global de manutenção preventiva. A abordagem sistemática para a formação do dano é mostrada a seguir.

III.2 - PLANO DE OPERAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO

O "Plano de Lubrificação" visa através de sua execução, a sistematização das operações de lubrificação periódica. Notamos, em estudo feito em fábricas típicas na grande São Paulo, que ocorrem omissões quanto a lubrificação de pontos importantes, mas não à vista do lubrificador (por exemplo: bicos limites posicionados em locais fora do campo visual), e omissões - por má distribuição de serviço do próprio lubrificador. Além - do mais nota-se que o sistema é falho em sua periodicidade de realização pois torna-se impossível os elementos de lubrificação, memorizar a frequência de operações de lubrificação de um número tão grande de máquinas. Poderemos assim, através da implantação do "Plano de Lubrificação", evitar o mal funcionamento ou mesmo o desgaste prematuro de partes de máquinas devido à falhas no procedimento de lubrificação.

O plano será executado em 5 etapas de curto prazo:









- 1) Obtenção de catálogo contendo os tipos de óleos e pontos a ser lubrificados das máquinas da fábrica.
- 2) Determinação da periodicidade das operações (em cada ponto a ser lubrificado).
- 3) Esquematização e Normalização (Codificação) a ser adotada
- 4) Verificação do Plano de Lubrificação
- 5) Verificação da eficiência do Plano e Reestruturação (se necessário).
- 6) Renovação e incrementação do plano.

III.2.1 - Codificação das Operações de Lubrificação

Com o intuito de facilitar a identificação dos elementos necessários à realização da operação de lubrificação (tipo de lubrificantes, modo de aplicação e local de aplicação) como também sua periodicidade, adotamos a seguinte codificação que será fixada próxima a cada elemento a ser lubrificado na forma de pequenas placas metálicas como segue:

Serão adotadas a seguinte simbologia no Plano de eubrificação:

- a) Periodicidade das Operações - Codificado através de número de triângulos ou círculos.

	Óleos	Graxas
a.1 Lubrificação Diária Representação:		
a.2 Lubrificação Semanal Representação:		
a.3 Lubrificação Quinzenal Representação:		
a.4 Lubrificação Trimestral Representação:		

b) Tipos de Lubrificantes - Codificado através de cores. As cores serão relacionadas aos tipos de lubrificantes que ficaram reservados à galões de cor código, o que possibilitará maior facilidade de operação (os óleos mencionados são típicos havendo obviamente equivalentes de outras marcas).

ÓLEOS

- | | |
|--|-------------------------------------|
| b.1 Óleo SAE 30 | - Representado pela cor VERMELHA |
| b.2 Óleo SAE 40 | - Representado pela cor AZUL ESCURO |
| b.3 Óleo SAE 140 | - Representado pela cor AMARELA |
| b.4 Óleo Turbine 68 | - Representado pela cor PRETA |
| b.5 Óleo Ipifus 35 | - Representado pela cor LARANJA |
| b.6 Óleo Ipitur 53 | - Representado pela cor VINHO |
| b.7 Óleo Tonna 72 | - Representado pela cor CINZA |
| b.8 Óleo Tonna 33 | - Representado pela cor VERDE CLARA |
| b.9 Óleo Varga HD | - Representado pela cor AZUL CLARA |
| b.10 Óleo Espineso 34 | - Representado pela cor MARRON |
| b.11 Óleo SAE 90 | - Representado pela cor ROXO |
| b.12 Óleo Tellus 15
ou CIO Especial | |

GRAXAS

- b.13 Graxa Isaflex nº 2 - Representado pela cor VERMELHO
- b.14 Graxa Moly Kote BR165 - Representado pela cor AZUL ESCURO
- b.15 Graxa Dol Lum Caloria - Representado pela cor AMARELA
- b.16 Graxa 350^o Caloria - Representado pela cor LARANJA

Serão obtidas placas com devida codificação que serão afixadas nos locais a ser realizar a lubrificação. Essas placas identificadoras serão também afixadas nos reservatórios de Óleo e Graxa, possibilitando assim fácil e rápida identificação pelo lubrificador. Esta codificação visa também sanar as falhas de lubrificação por omissão do lubrificador.

III.2.2 - Esquematização e Sistematização

Para sistematizar e distribuir racionalmente as operações de lubrificação, propomos a seguinte codificação para fichamento e organização. Com esta codificação procura-se evitar falhas de periodicidade:

- D - Lubrificação diária
- S - Lubrificação semanal
- Q - Lubrificação quinzenal
- M - Lubrificação mensal
- T - Lubrificação Trimestral

S.A; onde A representa o dia da semana em que se dará a lubrificação semanal (A = 1,2,3,4 ou 5). Ex. S.3 - lubrificação semanal no terceiro dia da semana.

Q.B.A; onde B representa a semana da quinzena em que se dará a lubrificação quinzenal e A o dia da semana da mesma (B = 1 ou 2). Ex. Q 2.1 - lubrificação quinzenal na 2^a semana de cada quinzena e 1^o dia da semana.

M.B.A; onde B representa a semana do mês em que se dará a lubrificação mensal e A o dia da semana da mesma (B = 1,2,3 ou 4) Ex. M.4.5 - lubrificação 4^a semana de cada mês, quinto dia da semana.

T.C.B.A; onde C representa o mês do trimestre que será realizada a lubrificação, B a semana do mês e A o dia da semana (C = 1,2 ou 3). Ex. T.3.3.4 - Lubrificação 3^o mês de cada trimestre, terceira semana do mês e quarto dia da semana.

III.2.3 - Sistema Burocrático.

Em adição o Plano prevê um sistema burocrático de fácil utilização para o controle das lubrificações semanais, quinzenais, trimestrais e semestrais, de acordo com planejamento. Este controle proporcionará melhores cuidados com as máquinas agindo em coerência com as metas dos setores de Controle de Qualidade e da Prevenção (Manutenção Preventiva).

Este sistema pode ser visualizado no fluxograma e fichas anexas.

III.3 - PROCEDIMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO

O lubrificador deve ser treinado para poder seguir o diagrama de lubrificação, não esquecendo nenhum dos pontos e

não misturando óleos nem graxas. Estes devem ser mantidos em recipientes devidamente rotulados.

Deve-se salientar a importância de evitar a penetração de materiais abrasivos nos circuitos. Antes de aplicar o lubrificante, todas as entradas devem ser limpas com pano. Estopa - deixa fiapos.

Excesso de graxa e escoamento de óleo devem ser removidos na hora, para que não armazenem sujeira.

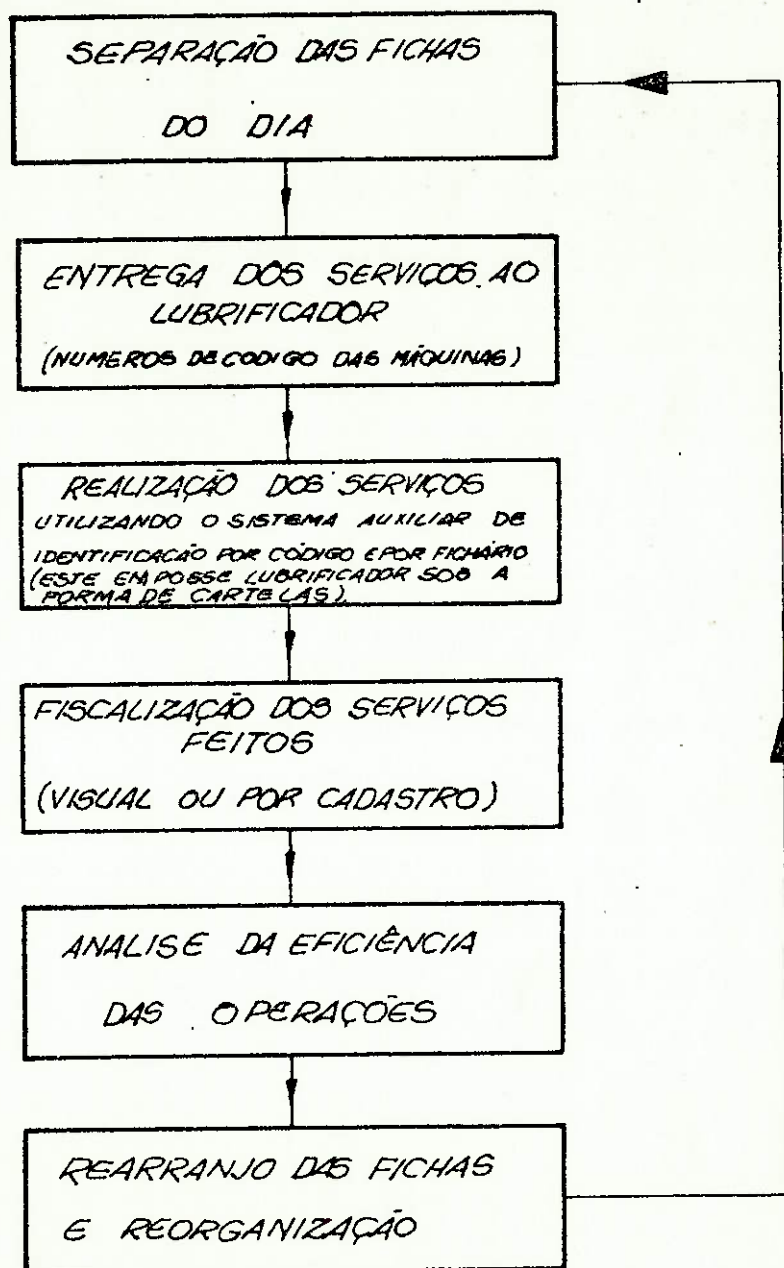
Nos rolamentos e caixas de graxa, providos de retentores e sem válvulas de alívio, o excesso de graxa deve ser evitado; não deve ser usado equipamento mecânico, mas sim uma engraxadeira manual, de preferência padronizada. Este ponto deve ser salientado na ocasião do treinamento do lubrificador.

Os recipientes de armazenamento e de transporte dos lubrificantes devem ser mantidos impecavelmente limpos. Além disso, o transporte nunca deve ser feito em recipientes abertos.

Os lubrificantes devem ser retirados dos tambores em nível pouco acima do fundo, evitando-se saída simultânea de água e impurezas. Pela mesma razão, os tambores transportados devem permanecer em repouso algum tempo antes da retirada do lubrificante.

III.4 - COMENTÁRIO FINAL

Este plano de sistematização das operações de lubrificação foi empregado com êxito por ano e meio e depois adaptado por um sistema que, com a utilização de um computador, fornece listagens diárias das operações em andamento e introdução de modificações nas operações face a falhas no processo, máquinas novas, etc.



319 - Ponte Rolante Atlas 1 Tn
nº ?

Lubrificar

T. Redutores (2) - B
S. Bicos de Limite - BM
T. Cabo - E

353

320 - Portas do galpão de in-
flamável (2)

Lubrificar

T. Redutor - B
M. Corrente - E
M. Corrediça - E

359

254 - Rosqueadeira Stiiil S.A.
MTB nº 12324

Lubrificar

T. Conjunto de Engrenagem - B
S. Fuso - E

281

CAPITULO IV

PLANO GLOBAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE
MÁQUINAS E INSTALAÇÕES

IV.1 - INTRODUÇÃO

Um plano de manutenção deve estabelecer uma base racional para a formulação de um programa de manutenção preventiva e, ainda, fornecer diretrizes para a manutenção corretiva. A Figura 4.1 mostra um procedimento para a formulação do plano e da organização de manutenção necessária para cumprir a carga de trabalho esperada como discutido no Capítulo I. Tal organização irá depender do plano de manutenção adotada, isto é, da filosofia de manutenção a ser posta em prática.

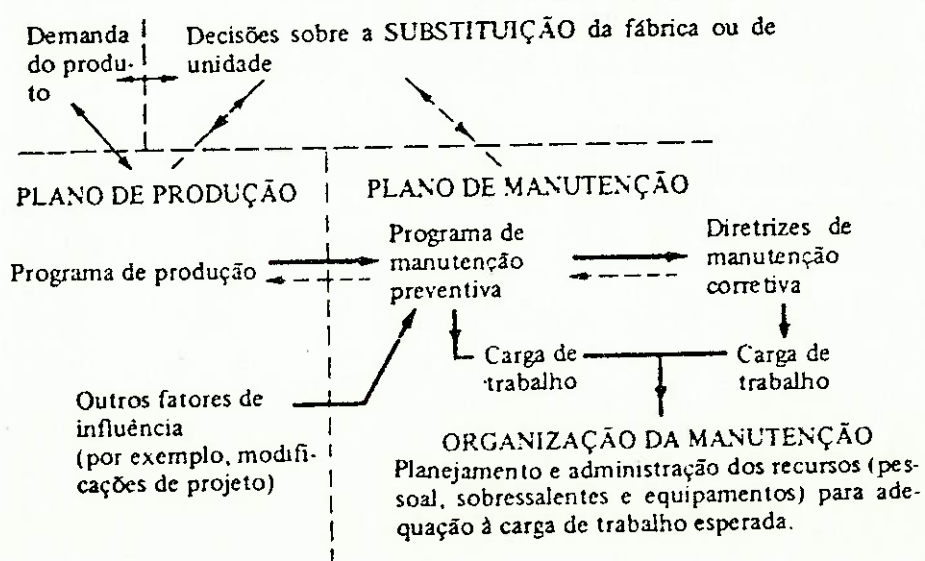


Fig.4.1 - Sistemática para a formulação de um plano de manutenção.

IV.2 - O PLANO - PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO NUMA FÁBRICA TÍPICA

O Plano, basicamente, se propõe a implantar uma rede de operações sistemáticas de Manutenção Preventiva.

A prevenção das quebras de máquinas devido ao desgaste e fadiga, ou qualquer fator correlato (efetivo) ao uso diário e normal da máquina, ou seja, que não constitua Manutenção de Emergência, é o nosso objetivo a longo prazo. O conjunto de operações de prevenção é realizado através de Planos de Inspeções e Intervenções Sistemáticas.

No entanto, o Plano de Controle e Manutenção Preventiva proporciona, no decorrer de um curto prazo, vários benefícios operacionais tanto ao setor manutenção, como também a setores administrativos que a esse estão ligados. Podemos citar:

- 1º) Sistema de Fichamento de Máquinas, por setor, proporcionando o maior controle tanto de condições do maquinário (estado de conservação, reparos executados, funcionamento, capacidade, etc.), como também controle de localização das máquinas e disposição das linhas de produção.
- 2º) Verificação das possibilidades de mudanças nas linhas de produção a serem feitas pela Engenharia do Processo através da análise das características e capacidade de cada elemento.
- 3º) Localização de maquinário anti-producente ou as gargantas de produção através da análise dos diagramas de paralização de linha de produção, obtidos através das Fichas de Manutenção.

- 4º) Controle das horas/homem gastos na Manutenção Preventiva e de Emergência através das Fichas de Inspeção Sistemática e de Manutenção.
- 5º) Distribuição racional das responsabilidades de conservação e funcionamento do maquinário através do Plano de Inspeção Sistemática e verificação de funcionamento.
- 6º) Sistema de informações e dados que podem ser utilizados pelos setores de Controle, Planejamento e Custos para fins de reestruturação.

O Plano de Controle e Manutenção Preventiva será executado através de estágios consecutivos:

- 1º) Fichamento (dados fundamentais) e Catalogação, organizados pela numeração dos Centros de Custos - trabalho que fundamentalmente firmará a linha base sobre a qual será construído o Plano de Controle e Manutenção Preventiva. Obviamente as fichas estarão, a início, incompletas pela falta de dados mais específicos e nosso intuito (especificações de rolamentos buchas, retentores, etc). O Plano prevê um sistema de realimentação a ser realizado com o decorrer de seu uso; assim sendo, as fichas poderão ser completamente preenchidas e reavaliadas.
- 2º) Plano de Inspeção Sistemática - ficha contendo um conjunto de atividades de inspeção para detecção preventiva de falhas nas máquinas. Essas atividades serão específicas e distribuídas nominalmente a elementos da equipe da Manutenção Preventiva (Distribuição de responsabilidade).

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMÁTICA GENERALIZADO

<u>Nº</u> <u>Serv.</u>	<u>Especificação do Serviço</u>	<u>H x h</u>	<u>Periodicidade</u>
M	Reaperto de parafusos da carcaça	1 x 15	1
M	Verificar ruído dos rolamentos do motor	1 x 5	1
M	Verificar ruído dos rolamentos do eixo do transformador (da transmissão)	1 x 5	1
M	Verificar ruído dos rolamentos do redutor	1 x 5	1
M	Inspeccionar retentores da transmissão	1 x 20	3(6)
M	Inspeccionar retentores do sistema hidráulico	1 x 20	3(6)
M	Inspeccionar retentores do sistema pneumático	1 x 20	3(6)
M	Inspeccionar estado de acoplamentos	1 x 20	3(6)
M	Reaperto dos parafusos de fixação (motor, bomba etc.)	1 x 10	1
M	Inspeccionar estado das buchas	1 x 60(30)	6
M	Verificar vazamento do rolamento - transmissão	1 x 10	6
M	Verificar vazamentos dos rolamentos - parte hidráulica	1 x 10	6
M	Verificar vazamento dos rolamentos - parte pneumática	1 x 10	6
M	Verificar estado das engrenagens	1 x 60(30)	6
M	Verificar estado do pulsão e pino esférico	1 x 15	6
M	Verificar disco de segurança (ou pino ou acoplamento)	1 x 10	1
M	Verificar ajustes críticos (chavetas, pinos etc.)	-	3
M	Verificar estado do fluido hidráulico	1 x 10	1
M	Verificar vazamentos mangueiras e conexões	1 x 15	1
M	Regulagem de molas	-	1(3)(6)
M	Verificar correias	1 x 10	1
M	Verificar desgaste de partes móveis	-	-
M	Verificar freio, fricção, filtro e válvulas	-	-
M/E	Verificar pressão, amperagem, voltagem (críticos)	1 x 5	1
E	Reaperto dos parafusos dos terminais	1 x 15	3

E	Limpeza do estator e rotor	1 x 30	6
E	Limpeza e lixamento dos terminais dos cabos de alinhamento	1 x 15	3
E	Verificação visual do painel de comando	1 x 15	1(3)
E	Verificação dos contatos dos disjuntores	1 x 30	1
E	Verificação dos fusíveis	1 x 5	1
E	Verificar regulagem do rele térmico	1 x 5	1
E	Verificar aquecimento da linha	1 x 5	1
M	Verificar pressão bomba	1 x 5	1
M	Verificar filtros	1 x 5(6)	1
M	Reaperto de união e conexões	1 x	2
M	Verificar retentores da parte hidráulica/pneumática	-	-
-	Alinhamentos e nivelamentos críticos	-	-
-	Verificar outros trincos em peças requisitadas (fadiga)	-	-
<u>FORNOS</u>			
	Esfriamento inicial	5 x 30	1
	Limpeza do forno		1
	Verificar e soldar trincas na carcaça	4 x 10	1
	Refazer parede do forno		1
	verificar e soldar trincas na camara de resfriamento	1 x 60	1

- 3º) Plano de Manutenção de Emergência e Realimentação - a Manutenção de Emergência é feita pelo mesmo sistema atual anterior a implantação do plano de "Solicitação de Emergência" A Manutenção de Emergência é antes de tudo uma fonte de informações e realimentação para a Manutenção Preventiva, - pois proporciona analisar se os dados da máquina estão completos, se as operações de Manutenção Preventiva (na Ficha de Inspeção Sistemática) são compatíveis e, ainda, se as horas/homem estabelecidas a essas operações são adequadas (em nível preliminar as operações de Manutenção de Prevenção e os tempos para sua realização foram dispostos de uma maneira aproximada (racional), porém ainda de uma forma - bruta).
- 4º) Implemento Parcial do Plano de Inspeção Sistemática - Montagem de um "Mini-Sistema" teste, e aplicação do Plano de Inspeção à este. O procedimento no plano teste será fundamentalmente o seguinte:
- a) Obtenção do conjunto de fichas de máquinas e catálogos das peças componentes do "Mini-Sistema" (Máquinas).
 - b) Obtenção do conjunto de Planos de Inspeção das máquinas.
 - c) Introdução do Plano Semanal de Manutenção Preventiva: o elemento que trabalhará no Planejamento da Manutenção Preventiva organizará a cada fim de semana (sexta-feira) o conjunto de máquinas a serem inspecionadas, levando os devidos Planos de Inspeção Sistemática à apreciação dos mestres responsáveis
 - d) Implantação de um sistema burocrático de controle e de realimentação.

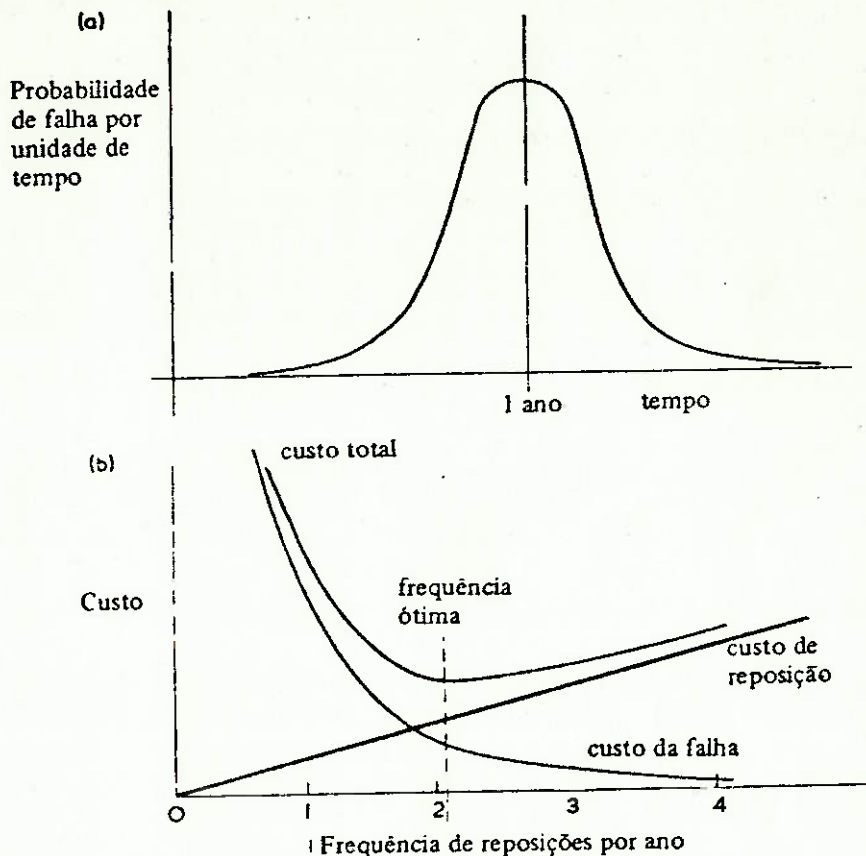
IV.3 - PROCEDIMENTO DE ATUAÇÃO DO CHEFE DA MANUTENÇÃO NO PLANO GLOBAL.

Como discutido nos Capítulos I e II, o elemento da manutenção deve atuar diretamente nos processos de tomada de decisão sempre que o comportamento da máquina ou instalação for parâmetro significativo. As "Ferramentas" utilizadas pelo chefe da manutenção foram apresentadas nesses capítulos, sendo que o Anexo I nos mostra um diagnóstico típico de máquinas proveniente de dados colhidos através de anos de manutenção (referência V), talvez a maior arma do chefe de manutenção (a experiência associada aos processos estatísticos).

Cada elemento da Manutenção que realizar trabalhos da Manutenção Preventiva terá que preencher, quando da realização da operação, a Folha de Observações especificando cada operação executada (se nada foi verificado OK; se alguma coisa de anormal se fizer notar deve então especificá-la), e em caso de verificação de anormalidades que exija reparo, deve proceder como a ser mencionado; e, observando na ficha com a sigla MP). A Folha de Observações deve ter o visto do mestre/funcionário ao final da execução do serviço. Na primeira fase a Folha de Observações deve constar também o tempo de serviço gasto regularmente pelo funcionário (o tempo já fora anteriormente apreciado pelo mestre).

Caso seja verificada a falha em elemento da máquina, será feita a ficha de Verificação de Falha (mecânica, elétrica), sendo a máquina remontada e o reparo ou troca do elemento, feito apenas quando todos os elementos necessários ao reparo, estiverem disponíveis. O prazo para a realização do reparo deve ser calculado levando em consideração a minimização de custos relativos ao tempo para montagem e desmontagem da máquina, interrupção da produção, demora na obtenção das peças, etc.

A política de substituição em intervalos pré-fixados só é eficaz nos casos onde o mecanismo de falha da peça é tipicamente de desgaste e o custo total da reposição (direto e indireto) é substancialmente menor que o reparo a reposição após uma falha. A figura IV.2 nos mostra uma distribuição típica de desgaste; e o problema consiste em identificar um intervalo tal que torne mínima a soma dos custos de reposição periódica e de substituição por falha.



Figuras 4.2 e 4.3 - O Princípio da manutenção a intervalos pré-fixados.

Os dados das figuras IV.2 e IV.3 são utilizados no cálculo da taxa provável da falha em função do período de reposição. Sua combinação com os dados de custo fornece o custo total esperado em função do período de reposição (figura IV.3). A substituição periódica só será a melhor política caso seu

custo seja inferior ao das demais alternativas listadas abaixo:

I. Manutenção a Intervalos Pré-Fixados

Substituição individual ou em grupo, etc.

II. Manutenção Baseada na Condição de Parâmetro

Contínua ou periódica, etc.

III. Operar até Falhar

Manutenção preventiva por reparo ou por substituição, etc.

IV. Modificações de Projeto.

Para itens complexos e/ou fábrica de operação contínua - considera-se IV Manutenção de Oportunidade.

As ações efetuadas antes da ocorrência de uma falha - são consideradas preventivas e, inversamente, as efetuadas - após são consideradas corretivas. As ações preventivas podem, portanto, ser programadas e executadas sob a forma de um plano de manutenção preventiva. A manutenção corretiva não pode ser programada, dada a natureza probabilística da falha e as incertezas que cercam a tomada de decisões correspondente. No entanto, para as unidades críticas da fábrica, é essencial a formulação de diretrizes de manutenção corretiva que orientem a tomada de decisões após a ocorrência de uma falha.

O reparo só será realizado no ato da inspeção se todos os elementos forem disponíveis e essa intervenção não - comprometer a produção da linha. As folhas de Observações se - rão dirigidos ao elemento da Manutenção Preventiva que terá a função de organizar os serviços de reparo de prevenção e o - preenchimento das fichas quanto as observações e ao reparo de Manutenção Preventiva. Os dados complementares à Ficha de Má- quina, serão esboçados pelos mestres e entregues ao elemento da Manutenção Preventiva que o encaminhará para o preenchi- mento das fichas.

Em caso de intervenção para fins de Manutenção Preventiva ou reparo de prevenção, deve ser feita a requisição (padrão) ao chefe do setor onde a intervenção será realizada com uma semana de antecedência (intervensões com mais de 15 minutos).

Os períodos em que se deve realizar as operações de Manutenção Preventiva, são certamente função da máquina; mas à primeira instância foi feito um programa aproximado e unificado de periodicidade de operações, o qual será reavaliado através da própria realimentação fornecida pela realização do processo.

Com o intuito dessa otimização de sistema deve o elemento da Manutenção Preventiva trabalhar em contato direto e fluente com os mestres, os quais lhe fornecerão dados práticos para essa otimização, além disso, a longo prazo, pode ser feito um trabalho estatístico de periodicidade de falhas de máquinas através de probabilidades estatísticas, as quais podem ser obtidas por amostragem através das fichas de requisição de serviço (arquivadas) ou através dos próprios registros. Com esse trabalho pode-se obter uma maior aproximação para o programa de intervenções.

O funcionário da Manutenção ao observar anormalidades, quando da realização da Manutenção de Emergência, deve especificá-la bem no relatório, pois isto será fundamental para previsão de uma possível Manutenção de correção preventiva, cujo planejamento é função do elemento da Manutenção Preventiva. - Considerando os serão adotadas as seguintes siglas para padronizar a classificação de anomalias em máquina:

N . NORMAL : gasto ou dano natural, conseqüente do uso natural da máquina, em estágio inicial, sem maiores conseqüências.

OBS.: - gasto superficial de dentes de engrenagem, de contatos

de reles, da lona ou asbesto do freio, etc.

NA-NORMAL AVANÇADO: gasto ou dano natural, porém em estágio -
avançado merecendo cuidados.

OBS.: - gastos mais evidentes em engrenagens, em contatos de -
disjuntores, ruídos leves em rolamentos, aquecimento primário no caso de alimentação, etc.

MP-MANUTENÇÃO PREVENTIVA : danos que já constituem avaria, que já implica em fator anti-producente por estar prejudicando a eficiência da máquina, devendo ser feita a Manutenção de -
Prevenção antes que se constitua motivo de quebra da máquina. (O que poderia parar toda linha de produção por tempo -
indeterminado).

OBS.: - gasto profundo de dentes de engrenagem, fissuras em elementos solicitados (coroa, pinhão, eixo, etc.), gastos de -
contatos, aquecimento nas linhas de alimentação, ruído em rolamentos, etc.

OK-Nada se verificou.

Por exemplo, se o funcionário observar gasto excessivo nos dentes das engrenagens deve especificar: gasto dente da engrenagem NA. Se observar que esse desgaste constitui causa para mal funcionamento da máquina e que produzirá quebra e paralização da máquina deve especificar: gasto dente de engrenagem + a localização da engrenagem (MP) e conseqüentemente será feita (se realmente necessário e compatível com os interesses ocasionais), pelo elemento da Manutenção Preventiva a solicitação de reparo (Ficha de Verificação de Falha) sendo responsável -
por esse reparo o próprio funcionário que a verificou (*Distribuição de responsabilidades).

(*) Distribuição de Responsabilidades é fator base no Plano de Manutenção pois ativará um novo tipo de comportamento dentro do sistema, pois cada funcionário se sentirá responsável.

vel pelo bom andamento da máquina que inspecionou.

O sistema de Emergência é um sistema sujeito a uma série de custos adicionais ao custo de reparo da máquina.

- Custo ocasionado pelo tempo gasto em verificar a avaria (com ou sem paralização da linha).
- Custo ocasionado pelo tempo gasto na obtenção de peças sobressalentes ou na sua fabricação (com ou sem paralização da linha).
- Custo ocasionado pela avaria de outros componentes em decorrência da quebra da peça falha.
- Custo ocasionado pelo mal funcionamento da máquina (anterior à quebra).
- Outros custos ocasionados em função de não se ter um planejamento de quebras (horas extras devido ao acúmulo de serviço, impossibilidade de realização do serviço devido a falta de material, etc.).

IV. 4 - CONCLUSÕES

Em uma análise global é certo que os custos decorrentes da prevenção são bem inferiores aos causados pelos reparos de emergência e consequências, além do mais, o sistema de inspeção sistemáticas é um elemento controlador da eficiência da máquina. Sendo assim pode-se evitar que o mal funcionamento do maquinário, acarrete em má qualidade do produto (A Manutenção Preventiva ressaltamos é uma ferramenta base de qualquer plano de Controle de Qualidade). Os gráficos que se seguem -

mostram claramente a eficácia de um planejamento de manutenção preventiva aplicado as empilhadeiras (os mesmos são auto-explicativos)

GRÁFICO Comparativo TEM e TABR

DATA: 31.07.80

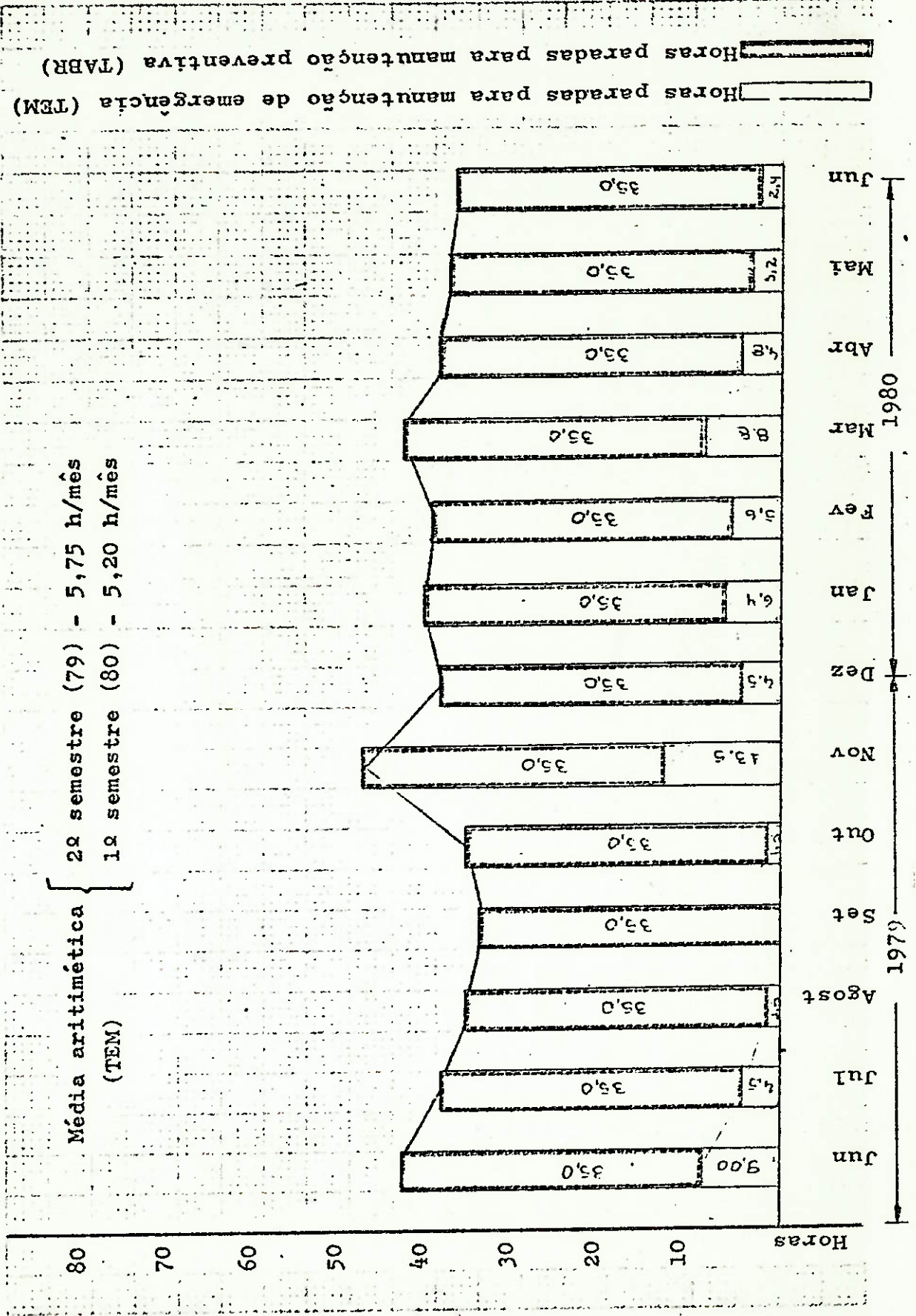


GRÁFICO CIRCULAR

JOB Nº _____

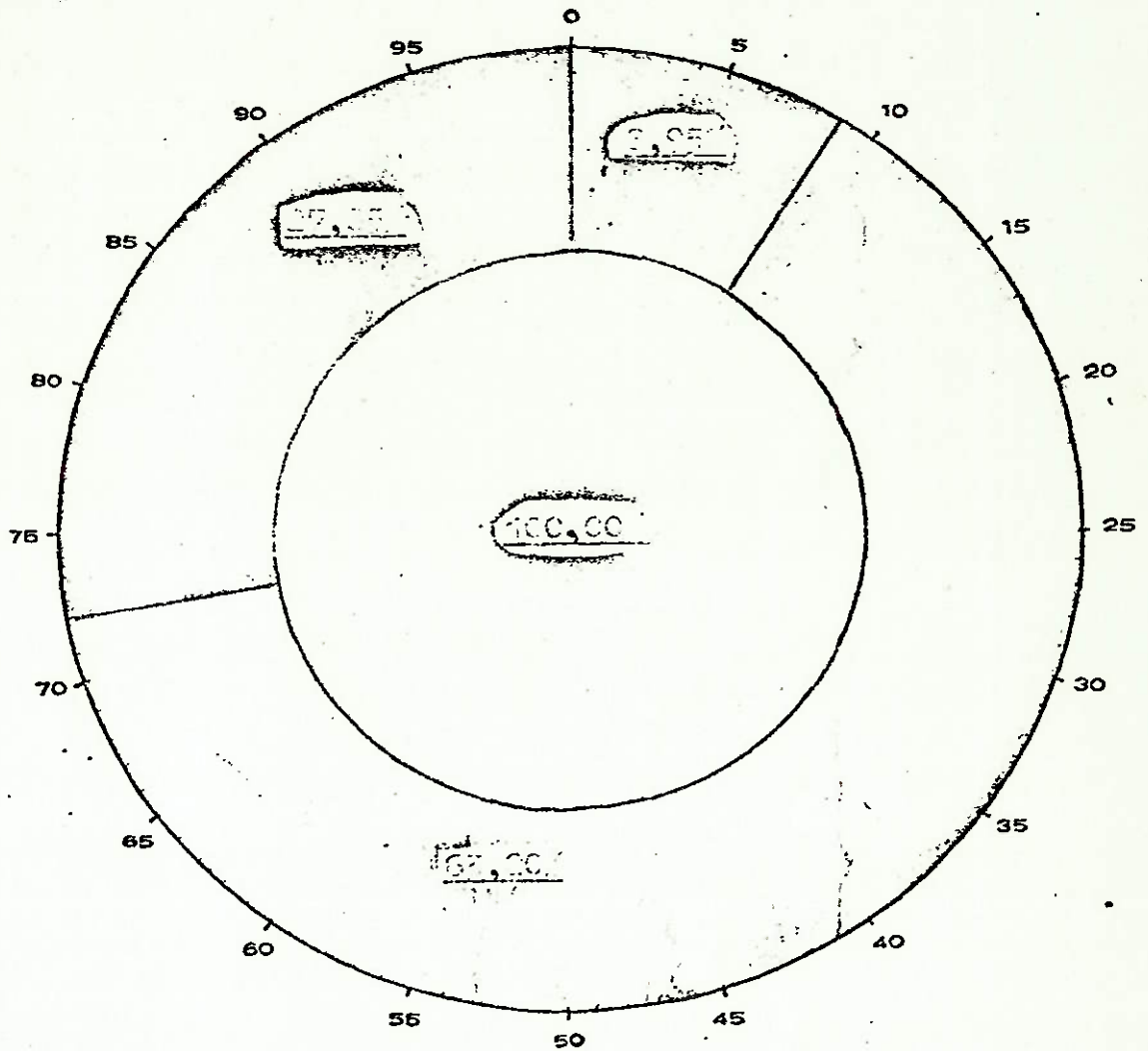
DATA: 27.12.79

ELABORADO POR: _____

APLICAÇÃO Comparativa entre períodos sem IP(jan-mai) e com IP(Jun-dez)

Circulo interno - Período entre janeiro e maio de 1979

Circulo externo - Período entre junho e dezembro de 1979



OBSERVAÇÕES: _____

- Manutenção de emergência
- Manutenção preventiva
- Aumento de eficiência

GRÁFICO CIRCULAR

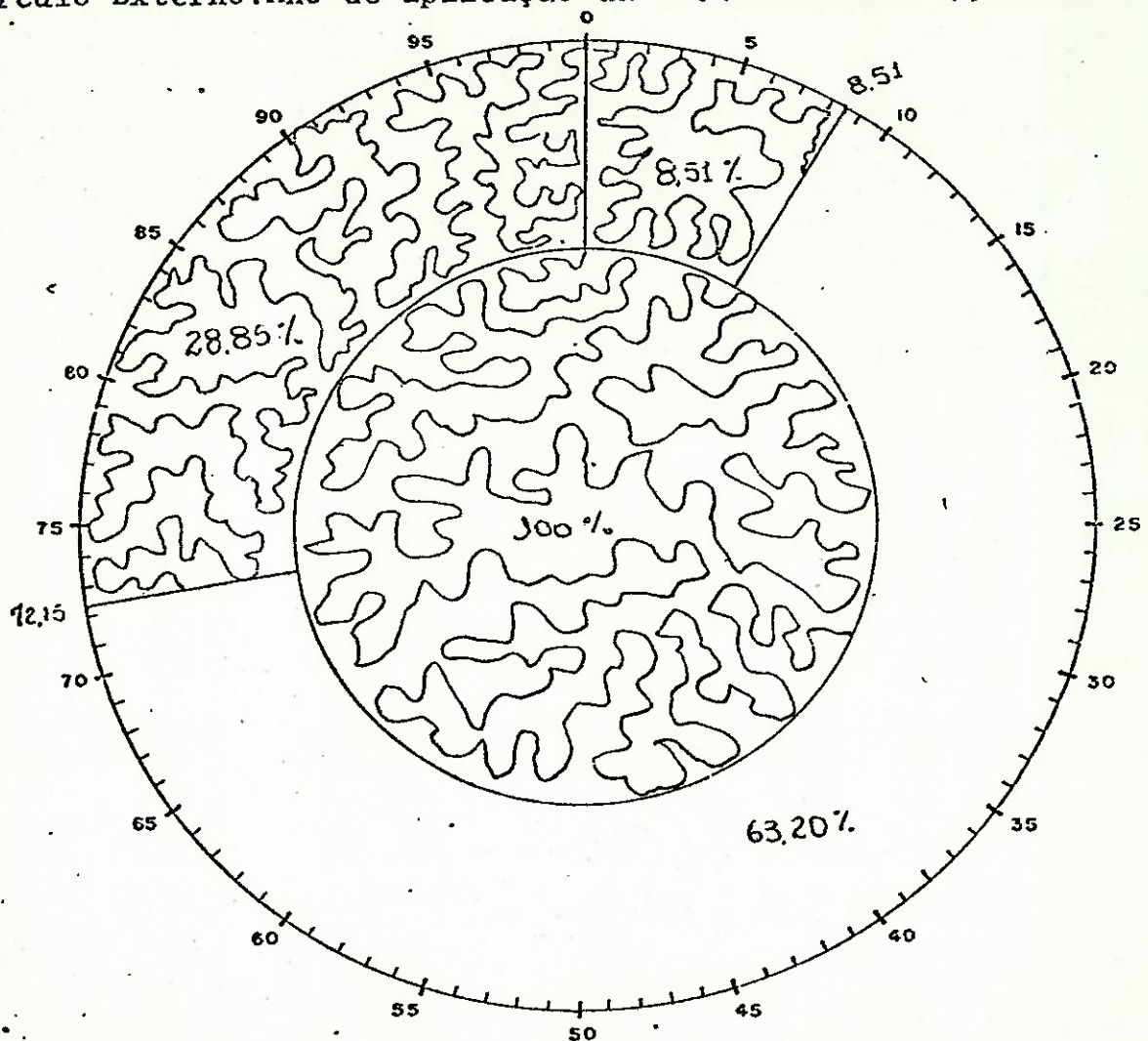
DATA: 31.07.80

ELABORADO POR: _____


APLICAÇÃO: Comparativo entre períodos sem MP. (valores médios e ponderados em um ano) e com MP. (Ano: 2º semestre 79 + 1º semestre 80)

Círculo Interno: Ano padrão projetada s/MP.


Círculo Externo: Ano de aplicação da MP. (2º semestre 79 + 1º semestre 80)



OBSERVAÇÕES: Padrão: horas paradas/mês

 Manutenção de emergência

Manutenção de Prevenção Programada ..

 Incremento na eficiência

GRÁFICO

Comparativa de horas paradas empilhadeiras
 por total e por empilhadeira (H/m)

No.
 DATA: 11.12.79

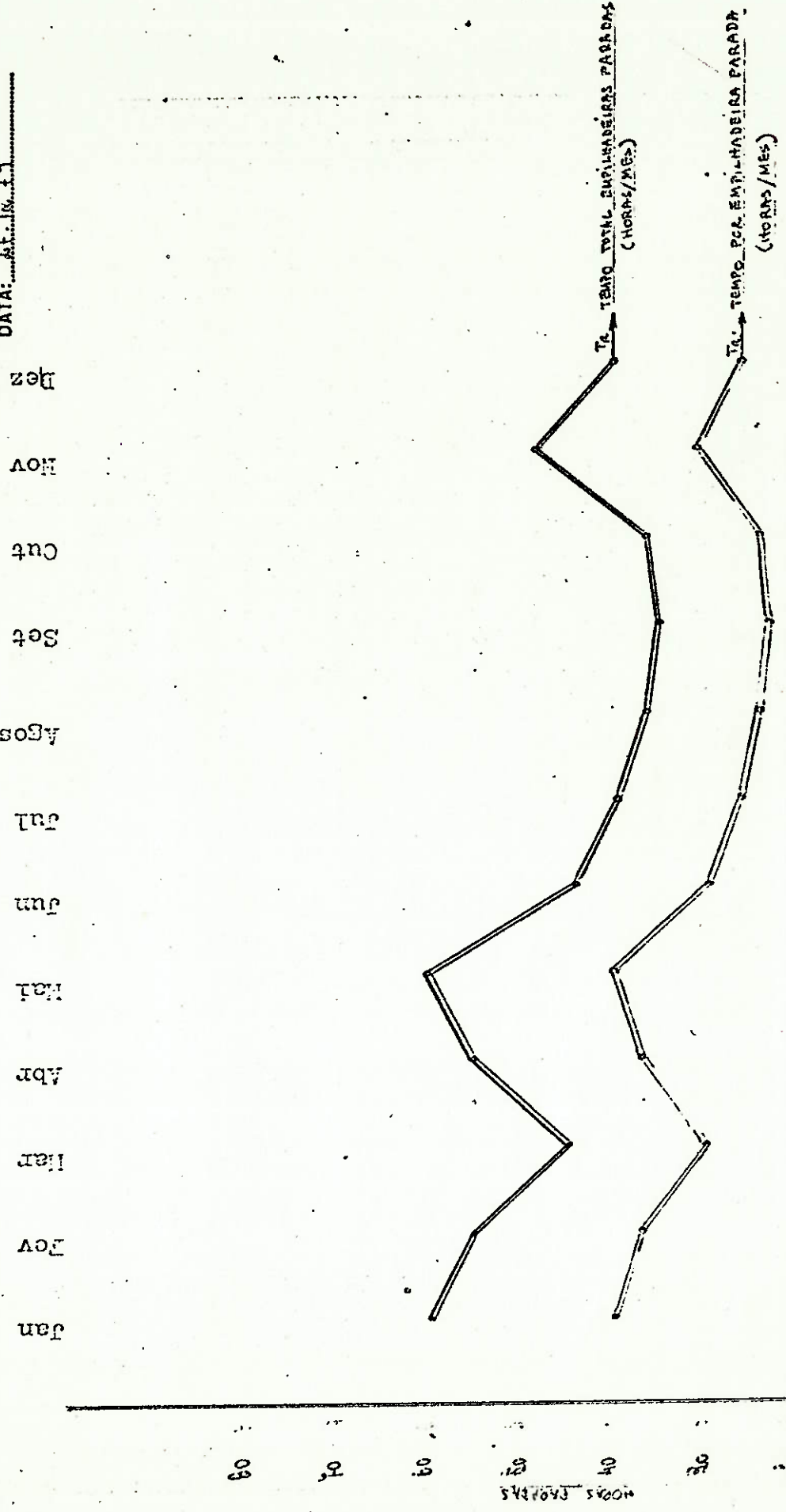
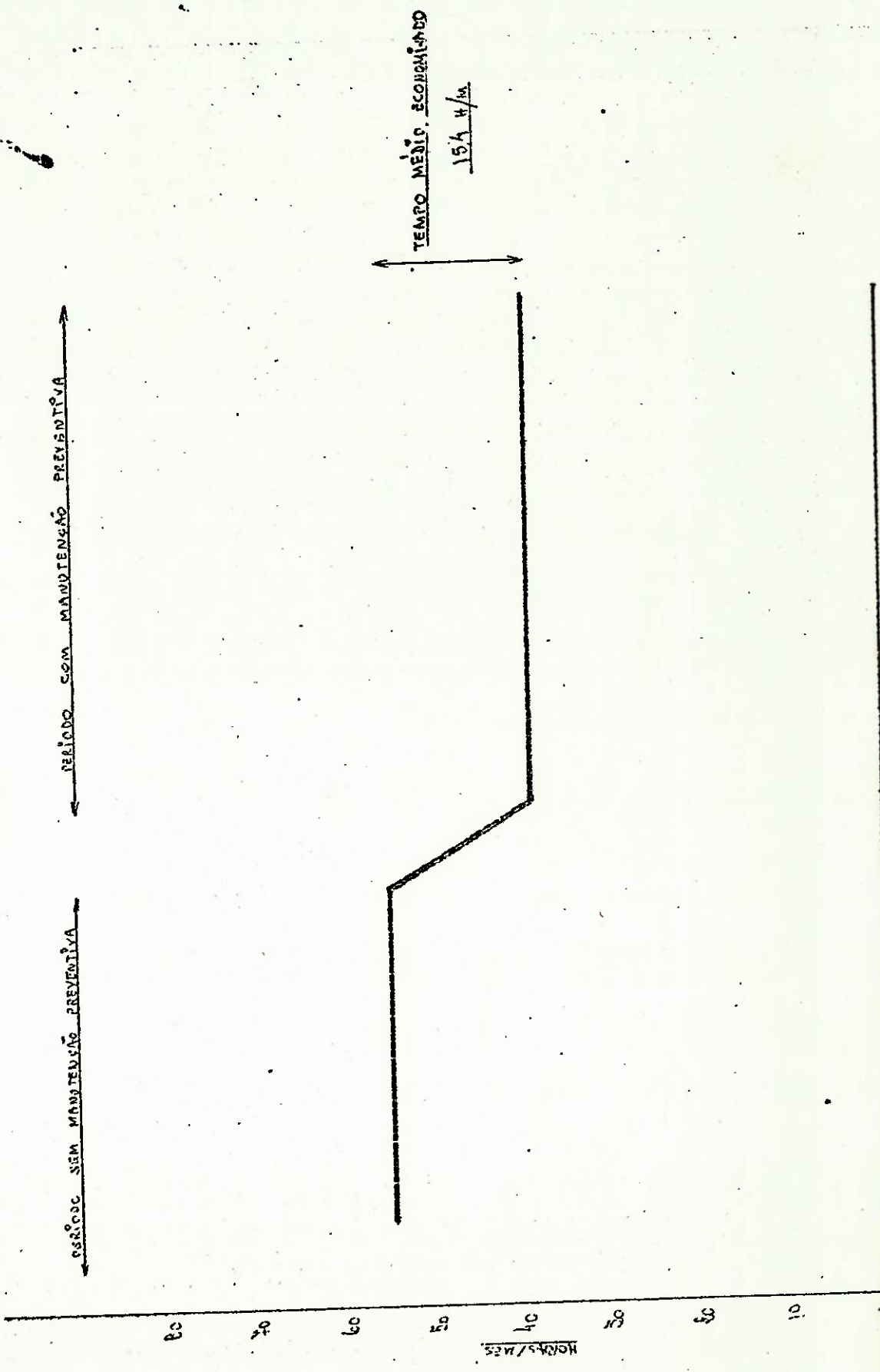


GRÁFICO Comparativa de horas paradas das cripilhadeiras nos períodos antes e depois de implantada HP

DATA: 27.12.79

Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez



BIBLIOGRAFIA

- 1 - BLANCHARD, S.B. - Logistics Engineering and Management - Prentice Hall, 1974
- 2 - O'CONNOR, J.J. - Standard Handbook of Lubrification - Engineering - McGraw-Hill Book Co., N.Y., 1969.
- 3 - HARRIS, M.J. e KELLY, A. - Management of Industrial Maintenance - Butterworth and Co. Publ. Ltd., 1978.
- 4 - ARIZA, C.F. - Introdução à Aplicação da Manutenção Preventiva - Mc Graw-Hill do Brasil - São Paulo - 1978.
- 5 - DRAPINSKI, J. - Manual de Manutenção Básica - Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1973.
- 6 - ARMITAGE - Maintenance Effectiveness and Operational Research - A. Jardine Ed. - 1969.
- 7 - GELBERG, B; PEKELIS, G. - Maintenance of Industrial Equipment - MIR Publishers - Moscow - 1969
- 8 - Siemens Aktiengesellschaft, Zentralbereich Technik Fachabteilung Messtechnik und Qualitätswesen - Munchen - 1970.

ANEXO I
DIAGNOSE DO CONSERTO (REF. V)

As providências rotineiras, indicadas nos parágrafos - anteriores, são recomendadas quando todos os componentes da máquina estão funcionando perfeitamente tendo em vista operação e manutenção ótima, ausência de qualquer defeito do material, lubrificação e montagem. Existem máquinas que trabalham assim durante dezenas de anos.

Acontece, porém, com certa frequência, que algum dos - componentes falha, principalmente devido a descuido na operação ou na manutenção. Os resultados são:

Deficiência no produto (peças fabricadas - nas máquinas operatrizes; potência reduzida - nos motores e turbinas; volume do fluido ou sua contaminação - nas bombas e compressores etc.);

Funcionamento irregular (vibração, ruído, temperatura, odor, fumaça, etc.).

Este capítulo trata da localização do defeito e da determinação de sua origem.

a) Máquinas em geral.

Quando se tratar de máquinas simples e elementos de fácil acesso, a diagnose é fácil e o único cuidado necessário é não deixar de determinar a origem do defeito e providenciar - sua remoção.

Quando se tratar de máquinas mais complexas ou motores providos de instrumentos de controle, a diagnose deve-se iniciar com a aferição do instrumento que está acusando a irregu-

laridade. Isso deve ser feito com a devida presteza, para que a máquina não sofra dano grave. Caso típico, é o indicador de temperatura do refrigerante nos motores, conversores e transmissões hidráulicas, que pode acusar superaquecimento quando estiver defeituoso.

Uma máquina não deve ser desmontada antes da análise - dos acontecimentos baseada no relatório do operador, exame da pasta de manutenção da máquina e teste. Note-se que, antes de fazer o teste, deve-se certificar de que a máquina pode ser - posta em movimento.

b) Defeitos dos compressores a pistão.

b.1) Pressão insuficiente do ar.

1. O consumo excede a capacidade do compressor. - Fazer levantamento do equipamento ligado na linha de ar e recalcular o consumo. Verificar se existem vazamentos na linha ou nos equipamentos ligados e eliminá-los.

2. Ajuste incorreto da válvula de regulagem - Verificar a pressão de descarregamento e reajustar a válvula, até o limite recomendado pelo fabricante.

3. Avaria na válvula de regulagem . - Consertá-la.

b.2) Compressor não descarrega.

1. Falha no sistema de regulagem - Verificar as ligações. Examinar e, caso necessário, substituir os retentores nos mecanismos de descarregamento e o diafragma do mecanismo de descarregamento.

2. Desajuste da válvula de regulagem - Reajustá-la.

b.3) A pressão no resfriador intermediário ("intercooler") excede os limites costumeiros - Antes de outras providências: testar o manômetro.

1. Válvula de admissão na alta pressão avariada ou com vazamento. Consertá-la.

2. Assentamento da sede da válvula com vazamento. Eliminá-la.

3. Mecanismo de descarregamento com defeito. Examiná-lo, principalmente no diafragma. Eliminar o defeito.

4. Pistão de alívio move-se lentamente. Limpar os pistões e cilindros de alívio.

5. Entupimento do esfriador intermediário. Eliminar.

b.4) A pressão no resfriador intermediário abaixo dos limites usuais. Testar o manômetro antes de qualquer outra providência.

1. Válvula de descarga na baixa pressão avariada ou com vazamento. Consertá-la.

2. Vazamento no resfriador. Verificar a cor da água de saída. Se for turva ou leitosa, trocar os tubos rachados. Verificar a carcaça e as juntas. Remover as trincas. Reajustar as falnges.

3. Vazamento pelas juntas. Reapertar ou trocar as juntas.

4. Se for observada queda de pressão no manômetro do resfriador intermediário, o defeito pode não se ter originado

no próprio resfriador, mas nas válvulas. Com o compressor trabalhando em vazio, deve-se observar a pressão. Se a queda de pressão for rápida, é evidente o defeito da válvula de descarga na baixa pressão. Se for lenta, é o defeito da válvula de admissão na alta pressão.

b.5) Diferencial de pressão entre regime de alívio e carga:

1. Curso excessivo de válvula de regulagem. Reduzir o curso, retirando um ou mais calços. Consultar a tabela de regulagem.

2. Curso insuficiente da válvula. Adicionar calços.

b.6) Pressão do óleo lubrificante muito baixa.

1. Rotação do motor invertida (Pressão 0). Corrigir

2. Falta de óleo no "cárter". Completar

3. Entupimento do crivo. Limpar.

4. Folga excessiva nos mancais. Recondicionar.

5. Vazamento na linha de sucção ou pressão do óleo -
Remover.

6. Bomba de óleo gasta ou defeituosa. Trocar ou recondicionar.

7. Vazamento da válvula de derivação ("bypass"). Remover.

8. Sujeira na válvula de alívio. Lavar.

9. Mola quebrada ou amolecida na válvula de alívio ou derivação. Trocar.

b.7) Pressão do óleo lubrificante muito alta.

1. Estrangulamento ou entupimento da linha de pressão.
Remover

2. Válvula de alívio com mola muito forte ou presa. -
Verificar e corrigir.

3. Defeito da válvula de regulagem de pressão. Removê-
lo.

b.8) Consumo excessivo do óleo lubrificante

1. Nível do óleo alto demais. Drenar o excesso. Colocar a quantidade certa na troca e na adição.

2. Válvula de respiro defeituosa - Inspeccionar e reajustar.

3. Anéis de pistão desgastados. Colocar novos.

4. Anéis virados. Colocá-los corretamente (diâmetro menor na parte superior).

5. Vazamento pelos retentores, juntas ou bujões. Nos compressores de duplo efeito, pela gaxeta da cruzeta. Inspeccionar e trocar ou reajustar.

b.9) Depósito de carvão nas válvulas.

1. Óleo lubrificante de baixa qualidade. Limpar as -

válvulas. Verificar as recomendações do fabricante do compressor. Substituir o óleo de acordo com elas.

2. Filtro de ar sujo. Revisar a programação de manutenção preventiva.

3. Superaquecimento. Ver § seguinte.

b.10) Superaquecimento do cilindro de baixa ou de alta pressão.

1. Quantidade de água insuficiente. Corrigir a vazão, limpar as passagens, ou, se for o caso, examinar a válvula termostática de controle de vazão.

2. Início de engripamento do pistão - Consertar.

3. Válvulas defeituosas ou com molas quebradas. - Consertar

4. Falta de lubrificante

5. Depósito nas paredes da câmara de água - Remover.

6. Depósitos de carvão na câmara de compressão. - Remover.

7. Entupimento do resfriador intermediário - Remover.

8. Excesso de pressão de descarga de ar.- Reajustar.

9. Defeito dos termostatos. - Consertar .

b.11) Água nos cilindros.

1. Vazamento das juntas ou retentores. - Remover.
2. Trinca do cabeçote, cilindro ou base do cilindro - (no caso de duplo efeito). Consertar ou trocar.
3. Condensação devido ao excesso de refrigeração. - Reajustar.
4. Drenagem insuficiente no resfriador intermediário - (cil. de alta) Drenar manualmente.
5. Vazamento no pós-resfriador (cil. de alta), quando este for instalado no nível mais alto e faltar válvula de retenção. - Colocar uma válvula de retenção.

b.12) Batidas.

1. Desgaste excessivo no pino, no pistão, nos mancais. Trocar.
2. Disco da válvula quebrado. - Trocar.
3. Mau assentamento da sede da válvula. - Ajustar.

c.) Defeitos dos Motores Diesel.

c.1)- Superaquecimento.

Este defeito surge com maior frequência e serão dados mais detalhes a respeito, iniciando-se com as causas externas. O manual de manutenção do motor contém quase sempre uma lista

semelhante, que deve ser consultada em caso de dúvida.

c.1.1) Excesso de carga.

1. Serviço demasiadamente pesado.
2. Freios presos; verificar a temperatura do cubo da roda.
3. Motor trabalhando em altitude não compatível com a regulagem da cremalheira; verificar a tabela.
4. Patinação de saturação ("stall"); verificar o ajuste das válvulas de alívio, de entrada e de saída.
5. Patinação, em virtude das garras das sapatas gastas, nos tratores de esteira, ou de pneus carecas em veículos ou máquinas de pneu.
6. Operador não treinado devidamente, não sabendo o significado dos indicadores do painel.
7. Operador distraído, não prestando atenção aos indicadores.
8. Falta de supervisão.

c.1.2) Insuficiência de circulação do ar externo.

1. Ventilador virando ao contrário ou torto; assegurar posição certa.
2. Saia do ventilador ("shroud") imprópria ou sua falta; relcamar com o fornecedor.

3. Passagens de radiador obstruídas com folhagem, barro etc.; Limpar com ar ou jato d'água. Ver Manual do Operador: "Sistema de Arrefecimento".

4. Motor coberto de barro ou poeira; lavar.

5. Espaço entre o "cárter" e seu protetor cheio de lama; remover com pá e lavar com jato de água.

c.1.3) Gases dentro d'água. Notam-se bolhas de ar na água (retirando-se a tampa do radiador (com cuidado), com o motor em funcionamento.)

1. Ar aspirado por mangueiras deterioradas do lado de sucção; examinar e trocar as mangueiras.

2. Ar aspirado devido a braçadeiras mal apertadas do lado da sucção; reapertá-las.

3. Gases de combustão soprados por gaxetas defeituosas ou mal apertadas (por exemplo, na câmara de pré-combustão); trocar as defeituosas. Apertar as soltas.

4. Gases de combustão soprados por trincas; consertar ou trocar os componentes trincados.

c.1.4) Excesso de calor.

1. Baixa eficiência dos trocadores de calor (esp. hidráulicos), consultar o fornecedor, verificar a temperatura ambiente.

2. Indicador de temperatura defeituoso; testar com termômetro padrão.

3. Contrapressão no escapamento; eliminar os pontos de estrangulamento ou obstrução.

4. "Cárter" com óleo lubrificante insuficiente; verificar e adicionar.

5. Excesso de combustível ou falha do bico; verificar a diluição do óleo lubrificante e a cremalheira do regulador.

6. Insuficiência de pressão no combustível na bomba de transferência, bico ou injetor; verificar a diluição do óleo lubrificante (o combustível mal pulverizado).

7. Ajuste de válvulas incorreto; verificar e reajustar a folga "a quente".

8. Ajuste do injetor incorreto; verificar e corrigir.

9. Excesso de rotação; verificar e corrigir.

10. Restrição de admissão do ar; verificar com manômetro U.

c.1.5) Insuficiência de circulação de água ou ar.

1. Obstrução das passagens por sujeira na água. Usar água limpa e tratada. Consultar o Manual do Operador: "Sistema de Arrefecimento", sobre limpeza periódica.

2. Obstrução das passagens ou diminuição de transmissão de calor por depósitos de sais minerais ou ferrugem nas paredes. Note-se que, neste caso, o indicador de temperatura acusará temperatura "normal"; limpar por meios químicos. Usar água limpa e tratada com inibidores recomendados. Consultar o Manual do Operador: "Sistema de Arrefecimento".

3. Mangueiras defeituosas (quando as pelancas levantadas obturam a passagem, especialmente do lado da sucção); trocar a mangueira defeituosa.

4. Termostato defeituoso; testar com plano da M.P., e trocar ou reformar, conforme o Manual de Serviço.

5. Impelidor de bomba d'água danificado ou solto; recondicionar conforme o Manual de Serviço.

6. Correia frouxa, empastada, vidrada ou de dimensão errada; remover o lustre da correia com fluido recomendado. Trocar ou ajustar a correia, conforme o Manual do Operador.

7. Falta de água por evaporação; adicionar água tratada.

8. Falta de água por vazamento do radiador ou das mangueiras; eliminar o vazamento e adicionar água tratada.

9. Falta de água por vazamento das conexões; eliminar o vazamento e adicionar água tratada.

10. Falta de água por vazamento por trincas do coletor ("Manifold") de água, bloco do cilindro ou cabeçote; enviar o motor para revisão.

11. Falta de água por vazamento das gaxetas danificadas trocá-las.

12. Falta de pressurização do radiador; examinar o regulador de pressão, conforme o Manual de Serviço.

13. Obstrução interna dos tubos dos trocadores de calor; limpar por meios mecânicos.

14. Obturação externa dos tubos dos trocadores de calor; limpar por meios químicos.

15. Vazamentos do óleo para dentro do circuito da água nos trocadores de calor; eliminar o vazamento.

16. Obstrução das aletas; limpar.

17. Obstrução de circulação de ar; removê-la.

c.2) Temperatura insuficiente

c.2.1) Excesso de circulação de refrigerante.

Termostato com válvula danificada - Testar e substituir, caso necessário.

Selagem do termostato - Substituir o retentor.

Excesso de circulação de ar no tempo frio . Cobrir - uma parte do radiador ou restringir a circulação de ar entre as aletas.

c.2.2) Falta de potência.

Supondo-se que o motor tenha sido selecionado corretamente para a carga prevista deve-se, inicialmente, verificar as prováveis causas externas e somente depois considerar a deficiência dos componentes.

c.2.2.1) Condições severas de ambiente. Verificar altitude, temperatura do ar na admissão e umidade.

c.2.2.2) Dosagem insuficiente de combustível.

1. Falha da bomba de combustível. Testar a vazão. Examinar o estado das engrenagens, eixos, retentores e válvulas da bomba.

2. Bomba não gira. Examinar o acoplamento, chavetas e outros elementos de acionamento.

3. Restrição do fluxo de combustível. Verificar os diâmetros dos encanamentos, curvas fechadas ou amassaduras, obstrução do filtro, válvula na entrada presa, fechada, válvula de retorno presa, aberta, óleo congelado ou quente demais.

4. Penetração de ar no combustível. Verificar os vazamentos das conexões ou trincas da linha de sucção, juntas danificadas.

5. Falha do injetor. Testar a vazão do injetor. Testar a pulverização. Verificar a diluição do óleo lubrificante. Caso seja constatada queima incompleta do óleo, recondicionar ou substituir o injetor. Para localizar os injetores defeituosos eliminar um injetor por vez numa determinada rotação. A eliminação de um injetor defeituoso não provocará mudança de rotação ou de som.

c.2.3) Falta de ar.

1. Filtro obstruído. Verificar o indicador de restrição ou medir o vácuo da entrada com manômetro U.

2. Entrada de ar obstruídas. Tratando-se de motores de dois tempos, examinar as entradas dos cilindros. Remover as obstruções.

3. Supercarregador ou turbocarregador gasto ou com válvula de ar danificada; recondicionar ou substituir.

4. Tubo de descarga estreito demais ou obstruído. Medir a pressão do escapamento no coletor. Remover a obstrução.

c.2.3) Funcionamento irregular do motor (sem perda ou com pequena perda de potência).

c.2.3.1) Fumaça.

1. Fumaça preta. Verificar se há excesso de óleo combustível, com queima incompleta, ou óleo fora de especificação. Penetração do óleo lubrificante durante explosão.

2. Fumaça azul. Penetração de óleo lubrificante no cilindro durante escorvação. Examinar os anéis, riscos nos cilindros e falta de alinhamento.

3. Fumaça branca. Um dos cilindros não queima. Verificar se há falha de pulverização de um injetor, falta de compressão motivada por dano nos anéis do pistão, dano de válvulas ou da sede de válvulas e conseqüente falta de vedação, falha da junta do cabeçote ou obstrução na câmara de pré-combustão.

c.2.3.2) Vibração ou ruídos diversos.

1. Detonação. Verificar se há penetração de óleo do filtro a óleo, devido a seu nível alto demais ou viscosidade demasiadamente baixa; do supercarregador ou turbocarregador, devido à falha dos retentores ou juntas. Verificar o vazamento dos injetores ou descalibração dos bicos.

2. Marcha irregular. Examinar o regulador, a compressão dos cilindros e se a temperatura do funcionamento não é muito baixa.

3. Batidas. Considerar a possibilidade de algum elemento estar solto ou haver desgaste excessivo. Determinar o local com um estetoscópio.

c.2.3.3) Pressão baixa do lubrificante.

1. Defeito do manômetro. Comparar com um manômetro padrão. Examinar se há obstrução da linha do manômetro padrão. Examinar se há obstrução da linha do manômetro. Removê-la. Trocar o manômetro, caso necessário.

2. Circulação deficiente. Testar a bomba. Examinar suas engrenagens, retentores, eixos e buchas, recondicionar ou substituir, quando necessário. Verificar se há vazamentos nas linhas de sucção, nas juntas e conexões; removê-los. Verificar a obstrução dos filtros da válvula de derivação ("bypass"). Verificar se não está faltando algum bujão da galeria de óleo, provocando sua volta. Remover defeitos. Examinar obstrução ou vazamento do esfriador. Examinar o regulador de pressão.

3. Óleo errado. Verificar a viscosidade e outras características do óleo. Trocar o tipo de óleo. Examinar a diluição

e contaminação do óleo.

4. Desgaste excessivo. Examinar os casquilhos dos mancais do centro e das bielas.

c.2.3.4) Consumo excessivo de lubrificante.

1. Vazamentos externos. Examinar os bujões, juntas, excesso de pressão no "cárter", posição no trabalho (inclinação em excesso?) e excesso de nível do óleo.

2. Vazamentos internos (ver § "fumaça azul")

c.2.3.5) Partida difícil.

1. Defeitos no circuito elétrico de partida. Examinar a bateria, o motor, os contatos e pontos de ligação elétrica, o interruptor e a chave de partida, a rotação de partida e a vela aquecedora.

2. Compressão baixa (ver § "fumaça branca").

3. Temperatura baixa. Aquecer o combustível. Manter o motor coberto ou a máquina inteira abrigada, em clima frio.

4. Falta de combustível. Verificar o tanque de combustível, especialmente, nas posições inclinadas. Verificar o posicionamento da cremalheira na partida. Escorvar as linhas.

5. Quebra de algum componente. Verificar a existência de batidas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Ficha de Máquina para MÁQUINA A.P. SOLDERA A PONTO																														
Denominação															N.º de Inventário															
MÁQUINA DE SOLDERA A PONTO SIEMENS															0110/0014															
Fabricante															Encomenda															
SIEMENS															27611															
Fornecedor															Ano de fabr. Aquisição															
															Pertences / Instalações especiais															
Características da Máquina															PARA A.R.															
DISTANCIA DA MÁQUINA AO BICO 430Z															Seção															
REGULAGEM VERTICAL DOS SUPORTES															Grupo de Maq.															
DOS BICOS 150 FZ															Classe de custo															
															Grau de qualidade															
															Apropriada para															
															SOLDAVAR DIVERSOS															
															(A PONTO)															
															Fotografia e média da área															
															<p>A technical drawing of a rectangular machine component. It features a main rectangular body with a smaller rectangular protrusion on the right side. A vertical dimension line on the left indicates a height of 600. A horizontal dimension line at the bottom indicates a width of 950.</p>															
Plano do Fundamento N.º															Esquema Funcional N.º															

CONTROLE DE REPAROS E MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Mecânica		N.º INVENTÁRIO		Edif.		CdC	
Departamento		Ods					
Equipamento		N.º					
Marca		Tipo		Série			
Capacidade da Unidade		Desenho N.º		Catálogo			
Pneumática		Elétrica	VOLTS	RPM	POT.	AMPS	Ciclos
Marca		Fusíveis		Comando			
Tipo		Marca					
Capacidade		N.º					
Consumo		Tipo					
Obs.		Série					
		Amperes					
		Volts					
Acionado por				RPM		HP	
Transmissão		Motor		Tipo			
CARCAÇA				AMPS			
MOTOR (ES)		X		Y		Z	
MARCA		N.º		O EXT.		O INT.	
		ROLAM. OPOST.		N.º		OUTRAS	
Dimensões						MANCAL	
Obs.							

