

NILTON BASTOS FILHO

QUALIDADE EM PROCESSO DE  
MONTAGEM DE MOTORES DIESEL

Trabalho apresentado a Escola  
Politécnica da Universidade  
de São Paulo para obtenção  
de título de Graduado  
em Engenharia

Área de Concentração:  
Engenharia Mecânica,  
Ênfase em Energia e Fluidos

Orientador:  
Adherbal Caminada

São Paulo  
1999

new 191

Nota 17,5  
(sete e cinco)  
16/12/99

# ÍNDICE ANÁLITICO

ÍNDICE ANÁLITICO.....	2
RESUMO.....	3
INTRODUÇÃO.....	4
MOTORES DIESEL .....	4
FÁBRICA DE MOTORES NA MBBRAS.....	7
PLANEJAMENTO DE MONTAGEM.....	7
DESCRIÇÃO DAS LINHAS DE MONTAGEM.....	10
CARACTERÍSTICAS.....	10
FASES .....	10
CARROSSEL.....	12
ABASTECIMENTO .....	12
ERGONOMIA .....	14
AUTOMAÇÃO.....	15
TESTE.....	16
KAIZEN.....	17
INTRODUÇÃO .....	17
PREMISSAS DE KAIZEN.....	17
METODOLOGIA KAIZEN .....	19
PRINCIPAIS FERRAMENTAS .....	21
POKAYOKE.....	24
HISTÓRICO .....	24
OBJETIVO.....	25
CONCEITOS.....	26
INSPEÇÃO SUCESSIVA / AUTO-CONTROLE.....	27
INSPEÇÃO NA ORIGEM.....	27
CLASSIFICAÇÃO POR TIPO DE DEFEITO.....	28
PRINCÍPIO BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE POKAYOKE.....	29
APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS POKAYOKE.....	30
MONTAGEM DO VIRABREQUIM.....	30
MONTAGEM DE KITS.....	33
APERTOS.....	34
GESTÃO DA QUALIDADE.....	35
PLANEJAMENTO.....	36
EXECUÇÃO.....	36
CHECAGEM/ VERIFICAÇÃO .....	36
batata quente.....	37
PADRONIZAÇÃO/ CONCLUSÃO.....	39
CONCLUSÕES.....	40
ANEXO I.....	42
KAIZEN DE QUALIDADE.....	42

## RESUMO

Este trabalho apresenta o processo de manutenção e melhoria da qualidade de montagem de motores diesel.

Após a descrição dos motores e das linhas da empresa MBBras, são descritas duas filosofias: Kaizen, Pokaioke que são ferramentas para manutenção e melhoria da qualidade e produtividade. Com dois exemplos de utilização.

A parte final do trabalho enfoca o planejamento da qualidade.

Este trabalho toma como exemplos apenas dois motores: BR-900 (médio) e BR-450 (pesado).

## INTRODUÇÃO

### MOTORES DIESEL

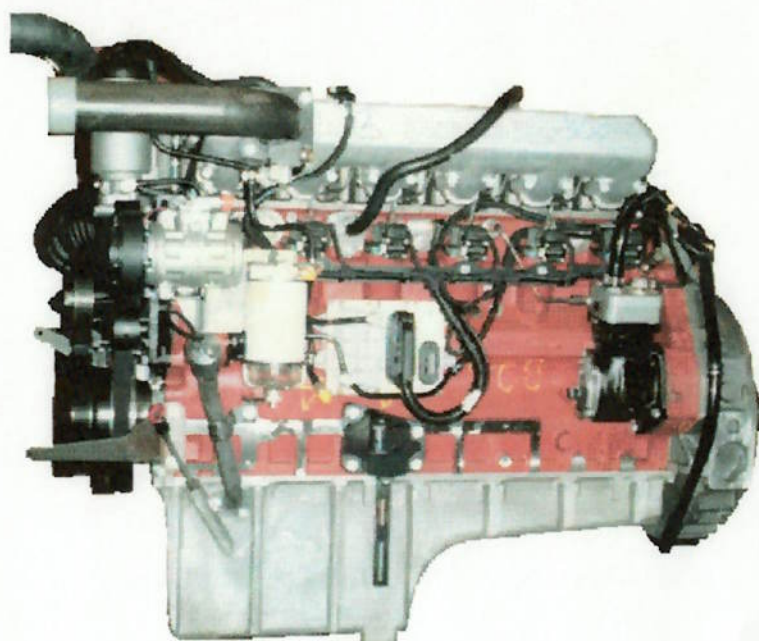
A MBBras é uma empresa que atua no campo de veículos pesados e leves para transporte de bens e passageiros na América Latina. As atividades estão centralizadas no desenvolvimento, produção, marketing e serviço de pós vendas. O objetivo da empresa é ter o desenvolvimento, a produção e a distribuição de seus produtos controlados pela demanda de mercado.

A unidade industrial está organizada em fábricas interdependentes que produzem subconjuntos. Esses subconjuntos são enviados à linha de montagem final do veículo. As fábricas que compõem a unidade industrial são as seguintes:

- Fábrica de Motores;
- Fábrica de Cabinas;
- Fábrica de Eixos;
- Fábrica de Chassis.

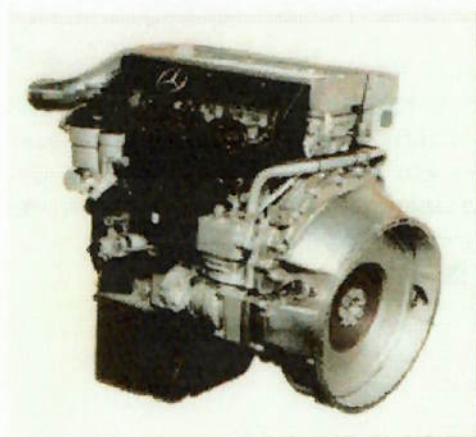
O quadro de funcionários conta atualmente com 8.000 trabalhadores entre produtivos e administrativos.

A seguir, são descritos os dois tipos de motores que equipam os caminhões e ônibus MBBras. Todos os motores são Diesel com ar de admissão turbo comprimido resfriado.

BR-450

MOTOR	OM 457LA	OM 467 LA
Números de Cilindros	6	6
Layout dos Cilindros	Em Linha	Em Linha
Cilindradas (l )	12	12,8
R P M / 1000	1,9 - 2,0	1,8 - 2,0
Potência	269 - 310 kw	
	360 - 420 PS	350 - 450 Hp
Torque Máximo	2000 Nm	1350 - 1650 lb-ft
Comprimento	1400 mm	
Largura	950 mm	
Altura	1130 mm	
Peso Total	980 kg	



BR-900

Motor	OM 904LA	OM 906LA
Número de Cilindros	4	6
Layout dos Cilindros	Em Linha	Em linha
Cilindrada	4,25 l	6,37 l
RPM / 1000	2,3 - 2,5	2,3 - 2,5
Potência	102 - 170 hp	231 - 280 hp
Torque Máximo	630 Nm	930 Nm

Motor	OM 924LA	OM 926LA
Número de Cilindros	4	6
Layout dos Cilindros	Em linha	Em linha
Cilindrada	4,8 l	7,2 l
RPM / 1000	2,3	2,3
Potência	150 - 211 hp	238 - 320 hp
Torque Máximo	830 Nm	1250 Nm

### FÁBRICA DE MOTORES NA MBBras

A fábrica de motores da MBBras está dividida em termos de estrutura organizacional em três grandes áreas:

- Fabricação de peças de motores;
- Montagem de motores;
- Logística e Abastecimento.

### PLANEJAMENTO DE MONTAGEM

A área de planejamento é formada por 9 pessoas. Suas atividades são motivadas principalmente por mudanças nos processos de montagem. Estas mudanças são causadas por problemas de qualidade ( detectados pelo pós-venda ou por testes internos) ou por mudanças no programa de produção.

As principais atividades são:

#### VERIFICAR TÉCNICAMENTE A INTRODUÇÃO DE MUDANÇAS NOS MOTORES:

As modificações nos motores, provenientes de problemas verificados no campo , na montagem ou em testes internos, são comunicadas a área de planejamento. Após a oficialização das mudanças e de porte dos novos desenhos cabe ao planejamento verificar a montabilidade e a elaboração de possíveis modificações e confecção de dispositivos para a montagem destas modificações.

## DESENVOLVER PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Cabe ao planejamento desenvolver e elaborar novos dispositivos e técnicas de montagem. Sempre levando em conta o programa de produção fornecido pela área de marketing.

Tanto as modificações das peças como o desenvolvimento de novos processos de produção também podem ser motivadas por problemas de qualidade.

## DESENVOLVER O ARRANJO FÍSICO

O desenvolvimento do arranjo físico está intimamente ligado ao desenvolvimento de processos logo cabe ao planejamento de montagem a determinação do lay-out .

## DESENVOLVER O BALANCEAMENTO DAS LINHAS, ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS

O balanceamento das linhas é feito com a cronometragem dos tempos de processo ao lado dos operadores. Como suplemento a esse procedimento, estuda-se a possibilidade de instalação de uma ferramenta de modelagem e simulação de processos.



## ESPECIFICAR EQUIPAMENTOS E PROJETAR NOVAS LINHAS DE MONTAGEM

É função do planejamento levantar necessidades e motivar investimentos de forma a incluí-los no plano de investimentos da empresa, o qual prioriza o destino de verbas para projetos que visam a substituição de máquinas e equipamentos desgastados e/ou ultrapassados, racionalização com a introdução de mudanças nos processos de produção e métodos de trabalho, aumento da capacidade de produção, melhoria da qualidade e segurança do processo.

## PROJETAR DISPOSITIVOS

Os dispositivos de manuseio das peças, de pré-montagem e montagem são projetados pelo planejamento de montagem, que tem profundo conhecimento das operações de montagem e contato direto com os operadores. Dessa forma, geralmente consegue solucionar os problemas com os dispositivos bastante simples.

## DAR SUPORTE A PRODUÇÃO

É também responsabilidade do planejamento dar suporte às linhas de montagem, verificando e solucionando pontos falhos nas operações e nos equipamentos. Com a crescente automação dos processos de produção cabe ao planejamento auxiliar no desenvolvimento e na solução de problemas da parte eletrônica.

## DESCRIÇÃO DAS LINHAS DE MONTAGEM

Tanto a linha do motor BR-900 como BR-450 seguem o mesmo método, logo descrever uma delas é suficiente.

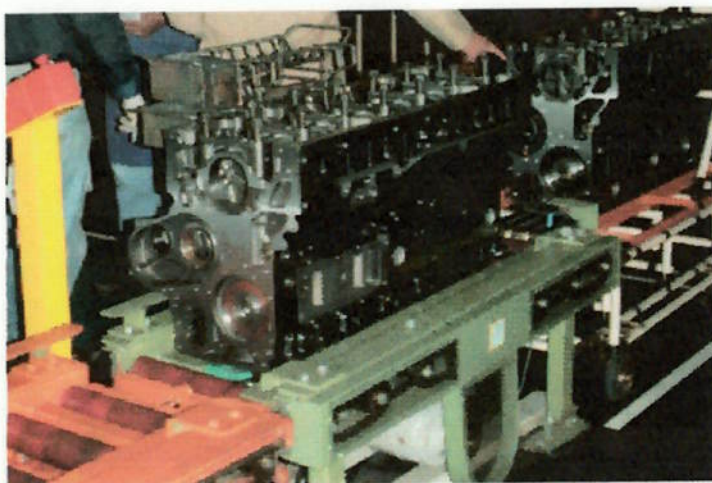
### CARACTERISTICAS

A linha da motor BR-450 possui 50 m de comprimento. Esta linha foi projetada para uma produção de 55 motores por turno (480 min) com 16 homens divididos em 8 duplas. Logo 8 postos, 3 na primeira fase, 1 de transição e 4 na Segunda fase.

Nesta linha já esta sendo usado o sistema carrossel.

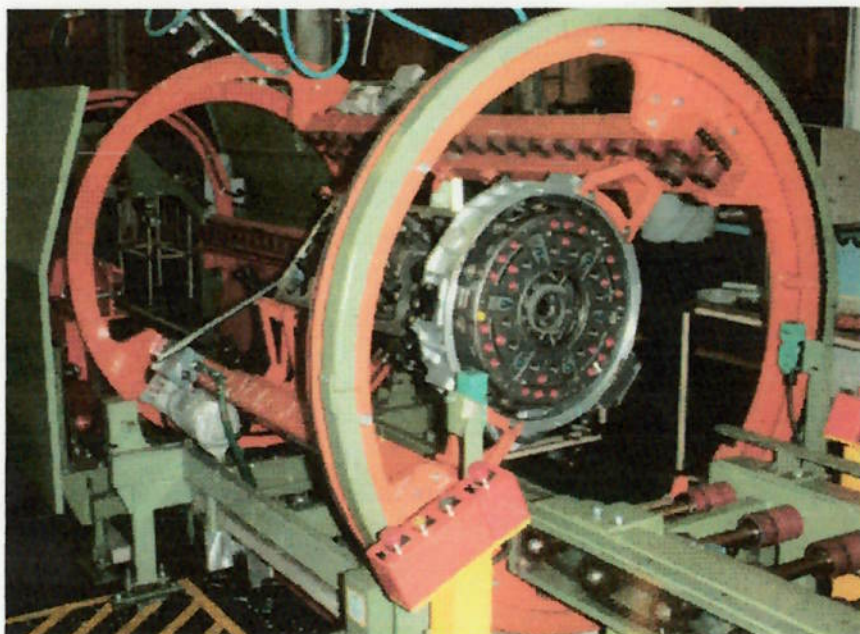
### FASES

A linha possui duas fases distintas de montagem. Na primeira fase o bloco desliza sobre roletes com a face do cárter para cima. O avanço nesta fase é por passos.

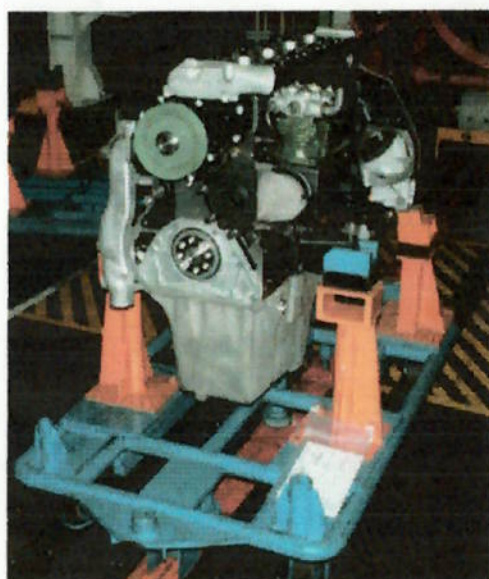


Nesta fase é montado o coração do motor: Comando, Virabrequim, Pistões, Bomba de Óleo, etc.

A transição entre as duas fases é feita num elevador giratório.



Na Segunda fase o bloco já possui os suportes de fixação ao veículo. Usando estes suportes o bloco é apoiado sobre quatro torres em um carrinho. Este carrinho é rebocado por uma esteira rebocadora no chão com velocidade constante.





Nesta fase é montada a periferia do motor: Compressor, Cabeçote, Bomba D água, Coletores, etc. A sequência de montagem pode ser melhor entendida na espinha de peixe que segue no anexo I.

### CARROSSEL

Este é um sistema bastante simples, mas que dá um grande resultado em termos de qualidade.

Cada dupla monta um motor inteiro ou seja ela avança junto com o bloco posto a posto.

Ao final da montagem esta mesma dupla testa o motor. Este sistema aumenta o comprometimento do operário já que qualquer problema na montagem será corrigido pelo próprio montador.

Este sistema permite ainda rastreabilidade total do motor, ou seja, é fácil saber qual dupla montou qual motor em caso de problema.

Para que este sistema desse resultado o Abastecimento da linha teve de ser modificado.

### ABASTECIMENTO

Como existem quase 1500 variantes de motor BR-450 seria impossível para o montador saber quais peças montar para uma variante específica. Logo a tarefa de separar as peças cabe ao supermercado.

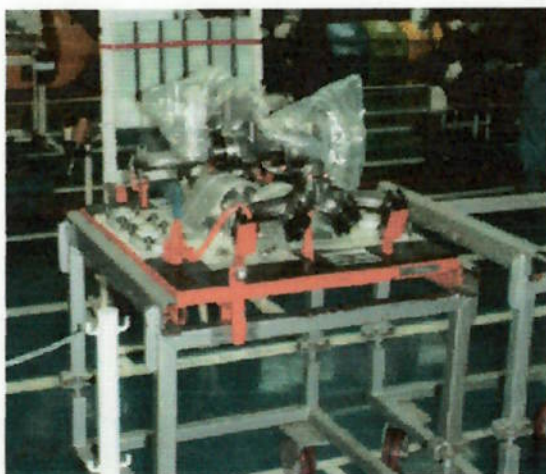


No supermercado o kit por motor é montado com o uso de códigos de barra, o que impede que sejam enviadas peças erradas.

Quando pronto o kit, o homem-aranha passa com um carrinho e abastece a linha em sistema Kanban, ou seja, o operador só tem uma peça para montar, assim não terá dúvida sobre a montagem.



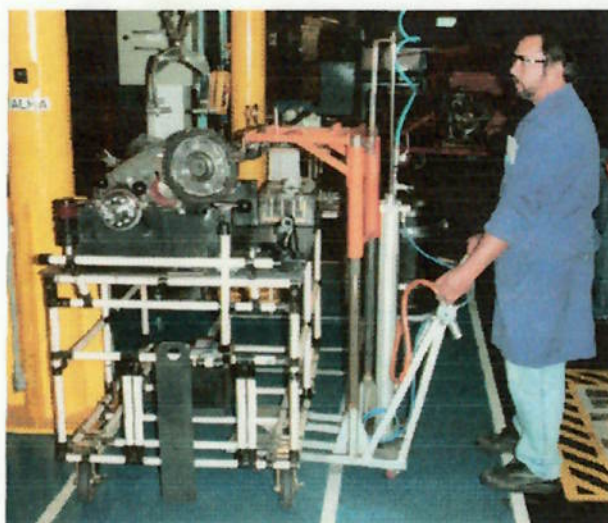
O abastecimento é fácil e rápido. Deste modo acredita-se não haver risco de montagem errada.





### HERGONOMIA

Como se trata de um motor pasado de 12l. Tem-se que Ter um cuidado especial com as condições de trabalho. Um Comando pesa 25 Kg por exemplo. Logo existem dispositivos especiais para montagem de todas as peças.



Este dispositivo além de poupar o operador garante a montagem com qualidade, já que o comando será suavemente encaixado, sem trancos.

## AUTOMAÇÃO

Apesar de não haver nenhum robô na linha, pode-se dizer que a linha é automatizada devido ao controle automático de avanço e às parafusadeiras elétricas com torque controlado que estão ligadas ao CLP.



Caso os apertos programados para um posto não tenham sido efetuados o CLP impede o avanço da linha.

## TESTE

Na MBBras 100% dos motores são testados a quente em dinamômetros.

Neste teste podem ser detectados defeitos de montagem e de funcionamento do motor como: vazamentos, engripamentos e falta de potência.

O teste consiste basicamente de duas fases: amaciamento e desempenho. Durante o teste de desempenho são medidos o consumo, torque e potência. Caso algum proble seja detectado existe uma área especial para retrabalho.

## KAIZEN

### INTRODUÇÃO

Kaizen é o nome dado a postura gerencial de aperfeiçoamento contínuo que visa a melhoria da qualidade e produtividade a partir de recursos disponíveis.

Portanto, Kaizen nada mais é que uma crença de que tudo pode ser aperfeiçoado, até que se atinja o limite do desempenho de um processo preparando-se desta forma para se introduzir com sucesso e sem traumas para a organização, novas tecnologia.

### PREMISSAS DE KAIZEN

#### PLANEJAMENTO

O planejamento é essencial visto que diminui a ocorrência de obstáculos não previstos e retrabalhos que geram desperdício e insatisfação ao cliente.

O planejamento é um investimento de tempo e cérebro no sentido de encontrar a melhor forma de atender o cliente, no menor tempo possível e menor custo.

#### APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO

Sucessiva quebra de recordes por acreditar que tudo pode e deve ser melhorado. É enxergar nossas melhores marcas como pontos de referência que estão ali para serem superados.

## VALORIZAÇÃO DO PESSOAL

O Kaizen é a operacionalização de uma característica intrínseca do homem, ou seja, sua capacidade de evoluir. Logo é necessário que todas as pessoas estejam preparadas e tenham espaço para colocarem em prática seu potencial e aperfeiçoamento.

## SIMPLIFICAÇÃO

Busca pela maneira natural de fazer as coisas. Tendo em mente que o simples é fácil de se implantar, é fácil de ser controlado e, o que é mais importante, dá resultado.



## METODOLOGIA KAIZEN

A metodologia Kaizen tem como alvo a satisfação do cliente.

Uma vez que o ambiente no qual o processo opera é dinâmico, seu enfoque não consiste em buscar a melhor solução do problema em um dado momento específico, mas sim, em desenvolver sistemáticas, não soluções, que asseguram a manutenção e/ou aperfeiçoamento da solução ao longo do tempo.

### OPERACIONALIZANDO

Na solução de problemas via Kaizen deve-se seguir um roteiro para facilitar o estudo.

#### 1º- Oportunidades de melhoria

Todo processo pode ser melhorado, busca-se então selecionar e priorizar aquele que represente o maior potencial de ganho.

Potencial de ganho significa um diferencial competitivo sob os olhos do cliente.

#### 2º- Metas de melhoria

Determinar as necessidades de aperfeiçoamento do processo selecionado, através da identificação das diferenças entre as necessidades do cliente e o que o processo produz.

Quando se quantificam, estas metas devem ser bem arrojadas visto que a experiência mostra que normalmente os resultados são surpreendentes.

#### 3º- Processo atual

Identificação das causas que limitam o desempenho atual do processo e determinação da inter-relação do mesmo com os demais processos da empresa.

#### 4º- Alternativas de aperfeiçoamento

Desenvolver alternativas que proporcionem a melhoria do desempenho do processo analisado.

Para propor estas alternativas deve-se esquecer paradigmas e tabus, muitas vezes alternativas que a principio parecem absurdas são as melhores.

Não se pode ter medo de inovar porque muitas vezes só a inovação traz avanço.

#### 5º- Implementação das melhorias

Elaborar plano de ação e implantação das melhorias através da aceitação e comprometimento das pessoas envolvidas no processo.

A implantação deve ser o mais rápido possível, já que trata-se de um processo dinâmico de melhoria contínua, a demora na implantação pode fazer com que a solução não seja mais aplicável.

#### 6º- Avaliação contínua

Implementação de estratégias de monitoração e controle contínuo que assegurem a consolidação das modificações implementadas e auxiliem a detectar novas oportunidades de melhoria.

Na MBBras tem-se duas fontes de informação sobre a qualidade. A primeira e mais ágil é o sistema de GQA (Gerência de Qualidade a vista), em anexo, e a segunda é mensal, trata-se do relatório da Auditoria de Veículos, em anexo, neste relatório além de se discriminar os problemas de qualidade encontrados pode-se encontrar a “nota audit”, nota essa que quanto menor melhor. Desta forma pode ser feito um acompanhamento da evolução da qualidade do processo de montagem, e mais que isso, pode-se avaliar se as mudanças estão dando o resultado esperado.

## PRINCIPAIS FERRAMENTAS

### SHOPFLOOR KAIZEN

Esta é uma das melhores ferramentas que a metodologia Kaizen oferece.

Com ele consegue-se acelerar processos de mudança não só de processos de montagem como de mentalidade.

O Shopfloor nada mais é que um workshop com a finalidade de resolver um problema específico. Temos dois tipos de Shopfloor: Kaizen de Projeto e Kaizen de Processo. No primeiro desenvolve-se um projeto completamente novo como o projeto de uma linha de montagem por exemplo, já o segundo visa melhorar um processo já existente, como a melhoria de um posto gargalo por exemplo.

Com o objetivo bem definido forma-se uma equipe com representantes de todas as áreas envolvidas no processo. Durante uma semana esta equipe trabalhará junta o dia inteiro para que ao final da semana uma alternativa de melhoria seja apresentada. Este período pode variar de uma semana a um mês dependendo do tempo disponível e do problema a ser resolvido. O trabalho da equipe é organizado segundo a metodologia já descrita.

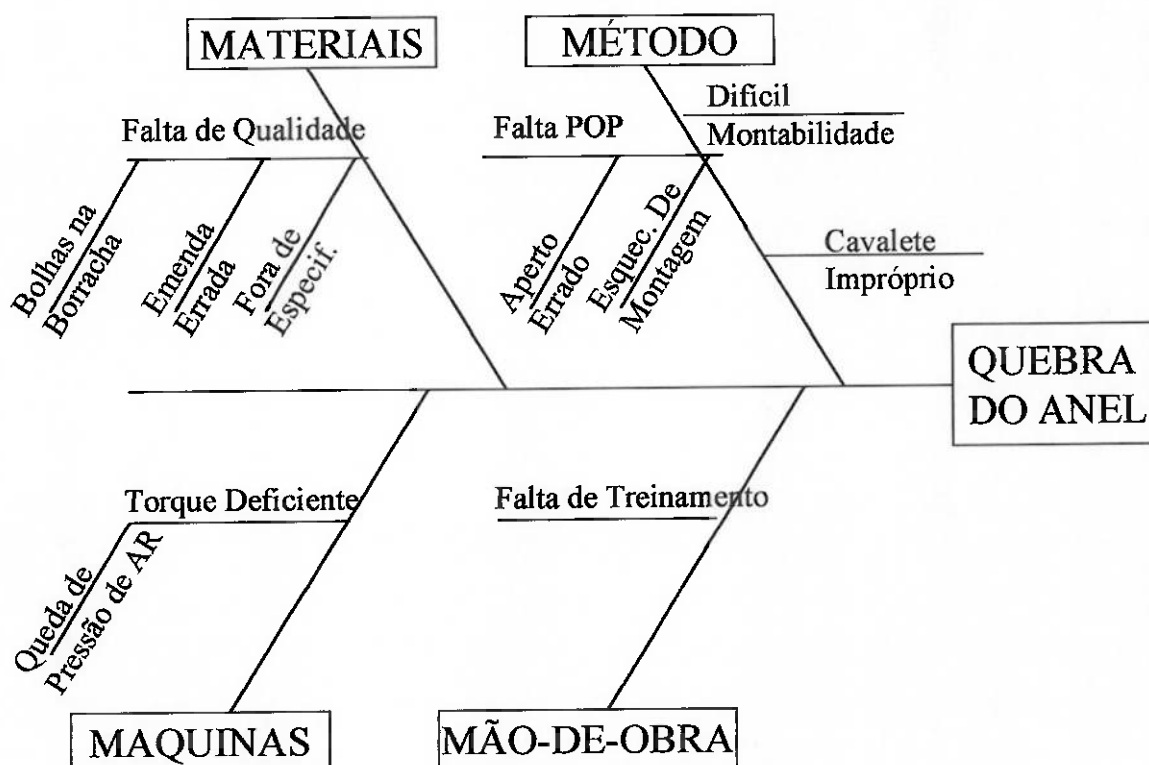
## DIAGRAMA DE CAUSA EFEITO

Na análise de situações indesejáveis é de grande valia a chamada espinha de peixe.

Neste diagrama o problema é o efeito, o que provoca o desvio é a causa.

O diagrama funciona da seguinte forma. A direita está o efeito a ser analisado e do lado esquerdo as possíveis causas. As causas podem ser divididas em quatro grupos: mão-de-obra, materiais, métodos e máquinas.

A seguir temos um exemplo de aplicação no caso o anel de borracha do ventilador:



## AGREGANDO VALOR

Este tópico refere-se mais ao aumento de produtividade. Mas vale o comentário.

A teoria Kaizen exige que todos os processos que não agregam valor ao produto devem ser reduzidos ao máximo.

Como exemplo destes processos temos: estocagem, transporte e inspeção.

Ou seja agregar valor é efetuar algum processo que gere um diferencial competitivo ao produto aos olhos do cliente.

Como consequencia temos o chamado one-piece-flow que nada mais é que a eliminação de estoques intermediários em processo. Para tanto é necessário um esforço de todos. Inclusive de fornecedores para que todos sejam capazes de trabalhar com: Just in Time, e Kanban.



## POKAYOKE

### HISTÓRICO

A técnica de Pokayoke não é uma coisa nova, ela começou a ser usada em 1961 pelo japonês Shigueo Shingo. Ele implementou os conceitos de Pokayoke na Television - Divisão da A Eletric.

Com estes conceitos implementados os defeitos caíram de 1,5% para 0,65% nos primeiros três meses e após o final da implantação caíram ainda mais (0,016%).

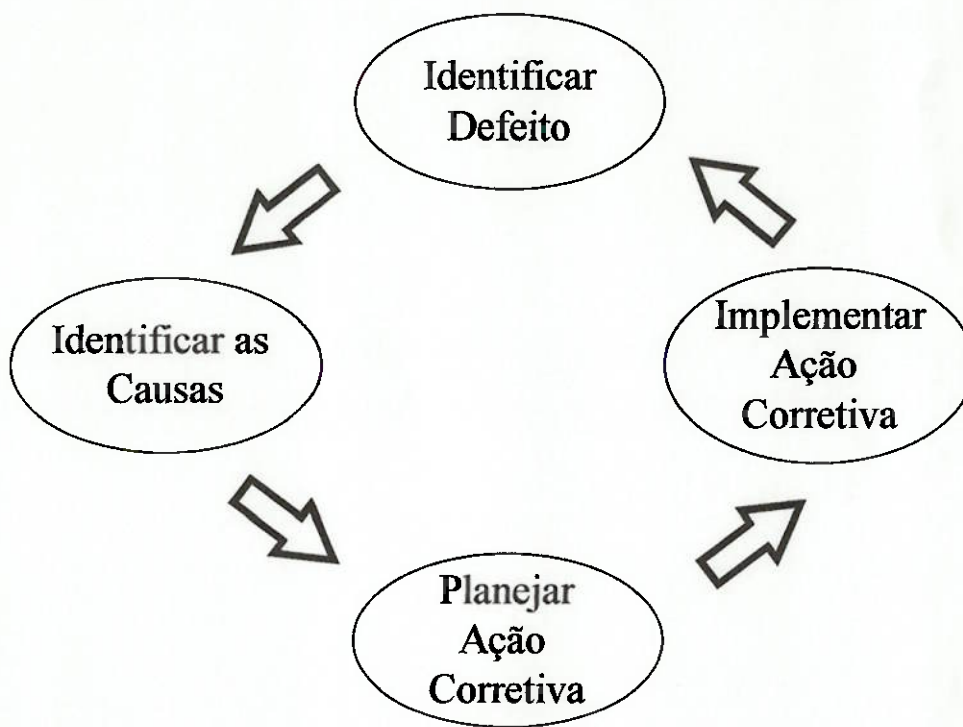
O próximo grande feito foi conseguido na fábrica Shizuoka - Matsushita Electrics Washing Machine Division onde os resultados indicaram defeito zero após a total implementação da técnica Pokayoke.

## OBJETIVO

A técnica Pokayoke visa basicamente duas coisas.

Eliminação total dos defeitos e aumento da produtividade. Este aumento de produtividade é conseguido partindo do princípio que serão eliminadas todas as ações de retrabalho e verificação já que o processo é garantido.

A seguir apresento o método tradicional para eliminar defeitos. Mas a pergunta continua. Será que assim se consegue eliminar todos os defeitos?



Infelizmente não. Porque o homem é um ser que esquece, ou seja, não basta eliminar a causa é preciso impedir que o processo possa ser feito de forma errada.

## CONCEITOS

Existem alguns conceitos básicos que estão por trás do defeito zero.

Os defeitos são inevitáveis.

Inspeção rigorosa reduz defeitos, porém inspeção descobre fato consumado, logo é uma condição reativa.

Controle estatístico do processo - CEP

Inspeção informativa

Realimentação do processo para melhoria

Com estas ferramentas pode-se prever futuros defeitos através das cartas de controle.

Neste caso qual é a abordagem Pokayoke?

O pokayoke exige que seja incorporado a operação um mecanismo que previna erros não intencionais como o exemplo abaixo.

O estudo do caso mostrou que eventualmente se esqueciam de montar as molas do interruptor.

A solução foi fornecer ao montador um kit com apenas as duas molas que deveriam ser montadas. Se ao final da montagem qualquer mola permanecesse no kit o operador deveria reiniciar a montagem.

Resumindo. Se um operador esquecer algo, um dispositivo o alertará desse fato.

É bom lembrar que a palavra Pokayoke significa: Prova de Erros.

Ao final desta seção pode-se encontrar mais três exemplos práticos de dispositivos Pokayoke utilizados na MBBras.

### INSPEÇÃO SUCESSIVA / AUTO-CONTROLE

Com a implementação de dispositivos Pokayoke é desnecessário o uso de CEP, já que 100% será inspecionado ao invés de uma amostra estatística apenas, e mais o feedback é instantâneo e o erro é tratado prontamente.

Este conceito é chamado de auto-controle.

O próprio operador inspeciona o processo enquanto o realiza desta maneira garante-se 100% de inspeção.

### INSPEÇÃO NA ORIGEM

O conceito Pokayoke exige que o defeito seja combatido na sua origem, ou seja, na sua causa para tanto primeiro é necessário que se identifique a verdadeira causa.

Existem dois tipos de inspeção na origem:

#### a vertical:

que verifica e controla os processos causadores de defeitos.

Exemplo: um grande numero de ladrilhos cerâmicos empenhados, produzidos por um fabricante de cerâmicas.

Inspecionando-se e regulando-se a temperatura do forno, conseguiu-se uma grande redução nos índices de defeitos, porém ainda não suficiente.

Investigando-se o processo, detectou-se que o tempo necessário para maturação dos ladrilhos cerâmicos não era suficiente e sua correção levou a uma diminuição nos índices de defeitos ainda maior.

a horizontal

Identifica as fontes dos defeitos dentro do processo, inspecionando para prevenir que erros possam se tornar defeitos.

Quando esses conceitos são aplicados pode-se eliminar as paradas de máquinas devido a super aquecimento pela adição de um termostato junto aos rolamentos da mesma para que qualquer aumento de temperatura seja sinalizado através de uma campainha.

Anormalidades e paradas de máquinas são diferentes.

Descobrir anormalidades quando elas ocorrerem e tomar as medidas necessárias antes da parada de máquina, é uma medida pró-ativa.

### CLASSIFICAÇÃO POR TIPO DE DEFEITO

#### **TIPO 1**

Métodos e procedimentos de trabalho não apropriados.

#### **TIPO 2**

Muita variabilidade nas operações

Mesmo que os procedimentos ou métodos estejam apropriados.

#### **TIPO 3**

Matéria prima com excessiva variabilidade.

Uso de material apropriado e inspeção criteriosa no recebimento.

#### **TIPO 4**

Máquinas e ferramental com problemas.

Conduzir manutenções apropriadas e gerenciar ferramental.

#### **TIPO 5**

Erros simples, controles executados incorretamente nas execuções das tarefas.



## APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS POKAYOKE

### MONTAGEM DO VIRABREQUIM

Um dos maiores problemas de qualidade encontrados na montagem era referente a montagem do Virabrequim.

Esta montagem consiste no assentamento das 5 bronzinas inferiores, assentamento do virabrequim sem choque no mancal, assentamento e aperto da capa do mancal junto com as bronzinas superiores.

Os erros possíveis são:

Inversão das bronzinas inferiores pelas superiores. Estas bronzinas são diferentes apenas a superior possui um canal para escoamento de óleo.

Choque entre o virabrequim e o mancal durante o assentamento.

Esquecimento de uma das bronzinas, tanto inferior quanto superior.

Inversão das capas dos mancais. As capas são usinadas junto com o bloco logo deve ser obedecida esta posição na hora da montagem para que as tolerâncias sejam mantidas.

Os erros 1 e 3 são os mais comuns já que a inversão e ou esquecimento permite montagem ou seja, da para montar.

## PRINCIPIOS BÁSICOS PARA IMPLANTAÇÃO DE POKAYOKE

Construa o processo com qualidade

Faça o impossível para detectar itens defeituosos, sempre que um erro é cometido. Supere 100% de inspeção, usando pokayoke, construindo travas.

Todos os erros podem ser eliminados

Nós temos que assumir que enganos não são inevitáveis. Onde há esforço, um modo pode ser achado para eliminar todo erro e defeito possível.

Deixe de fazer o errado e comece fazendo correto

eliminemos o “mas” de nossas afirmações

Dez cabeças são melhores que uma

A opinião de qualquer pessoa é importante, mas a sabedoria, criatividade e opinião de dez pessoas juntas são mais valiosas.

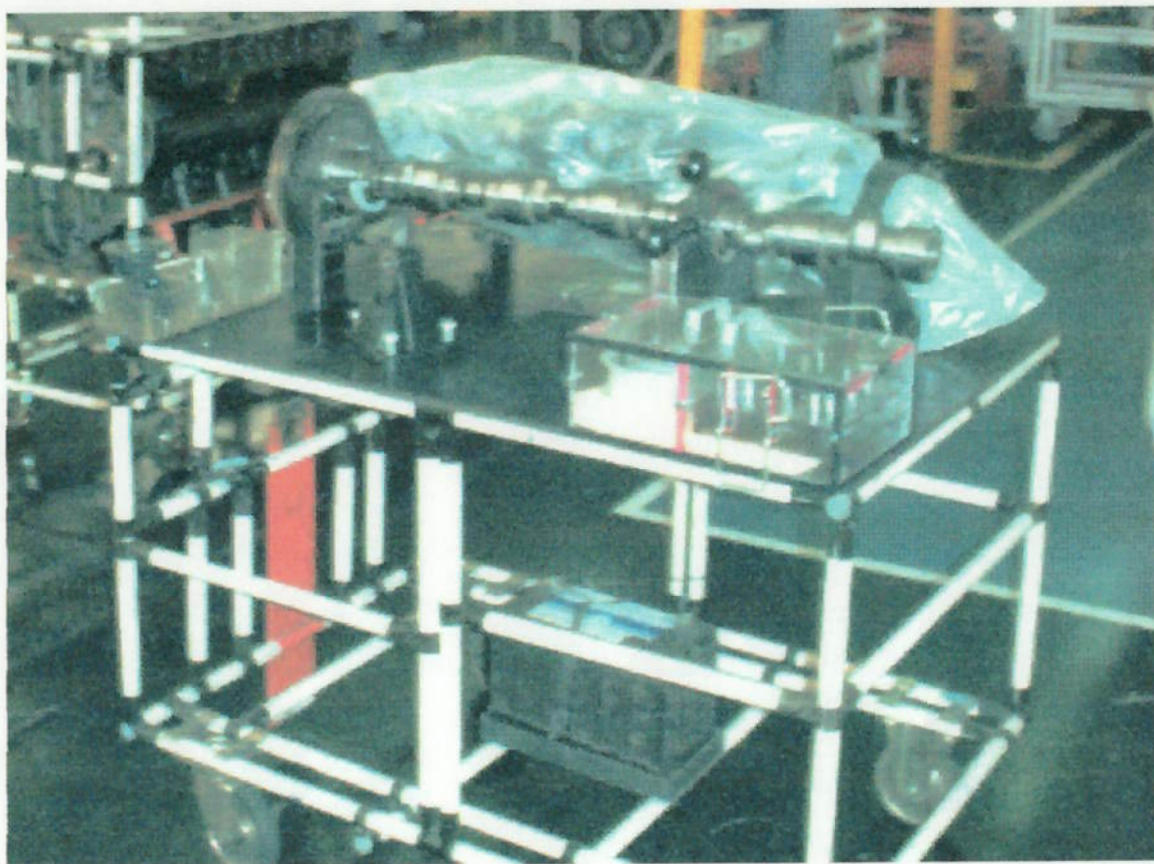
Trabalho em times é chave para eliminar enganos e defeitos.

Procure a verdadeira causa use 5W e 1H

What, Why, When, Who, Where e How.

Se um defeito ocorrer, não aumente a inspeção. Encontre a raiz do problema para assegurar a correta solução do problema.

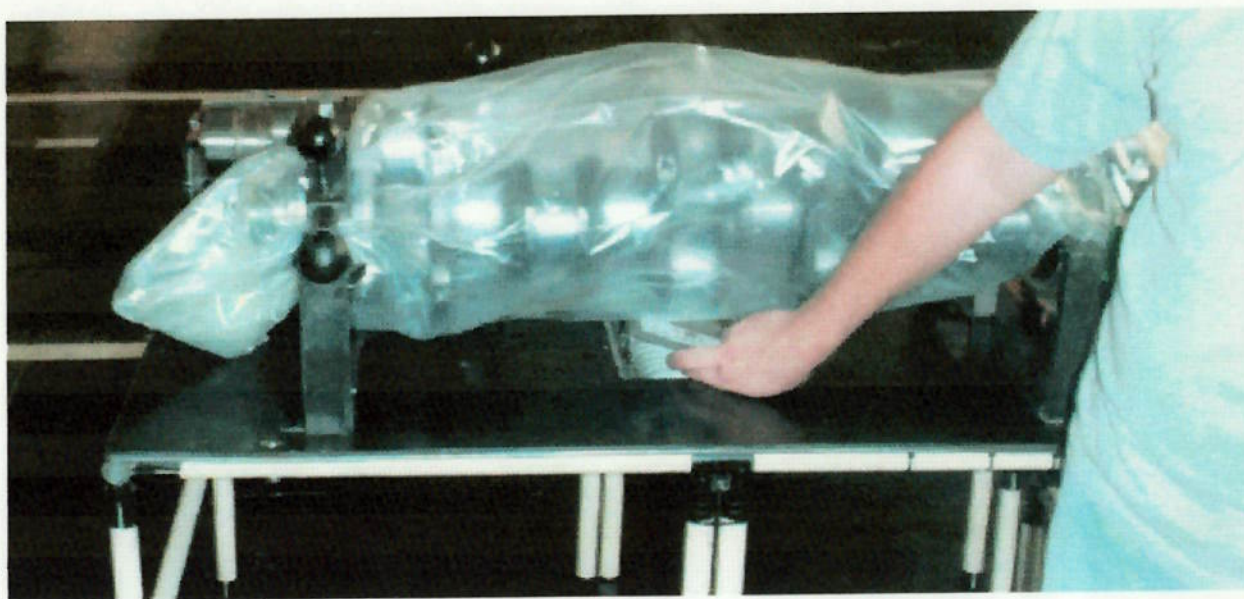
Para evitar estes erros foi criado o seguinte carrinho.



Neste carrinho é fornecido apenas um kit, ou seja, apenas as peças necessárias para a montagem de um motor. Este kit é montado no supermercado como foi abordado na descrição da linha.

Pode-se notar que existem dois jogos de bronzinas um esta acessível ao montador apenas levantando a tampa (bronzinas inferiores), sem que este tenha que levantar o virabrequim e o segundo (bronzinas superiores) só pode ser acessado depois que o virabrequim estiver montado. Deste modo garante-se que será respeitada a sequência de montagem.





No kit existem fotos das bronzinas, o que ajuda na montagem do kit já que fica muito mais fácil identificar a falta ou mesmo a inversão das bronzinas. Este método pode ser melhor visualizado no próximo exemplo.

Para se evitar o erro 2 (choque) foi elaborado um dispositivo com acionamento elétrico que além de proporcionar uma melhor ergonomia ao montador, garante que a velocidade de avanço na descida seja suficientemente lenta para que não haja choque.

O dispositivo consiste num fuso com acionamento elétrico de duas velocidades e um encosto para indexar o carrinho ao bloco proporcionando um perfeito encaixe do virabrequim.

Para garantir que as capas sejam montadas na ordem correta elas são gravadas durante a usinagem com os numeros de 1 a 7 e uma flecha que mostra qual é o sentido crescente. Esta flecha deve sempre apontar para a frente do motor (face da bomba de água).

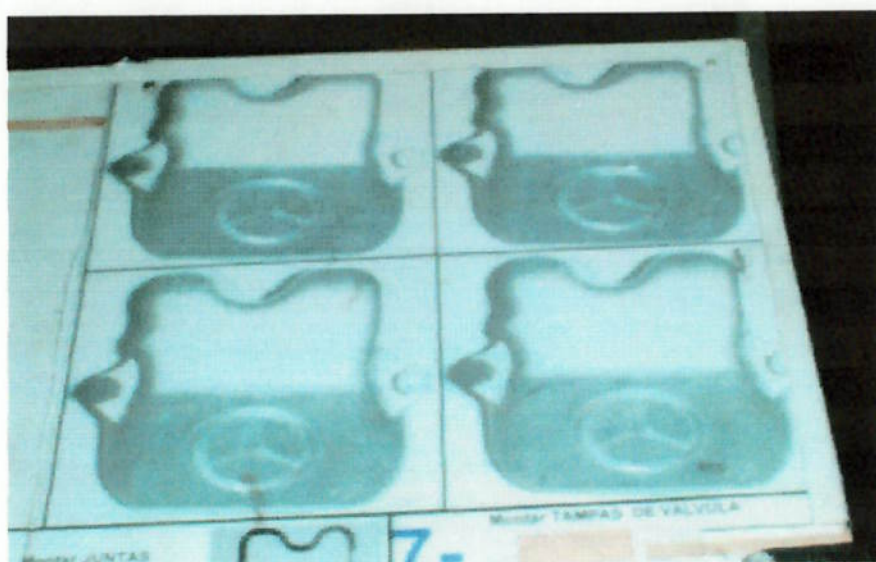
Par garantir o aperto são usadas máquinas elétricas de aperto com transdutor de torque como visto na descrição da linha. Quando a máquina termina o aperto, ela aciona um jato de tinta que marca a tampa registrando que o aperto foi feito com sucesso.

## MONTAGEM DE KITS

Mais uma vez o montador só deve receber na linha as peças suficientes para a montagem de um motor.

Agora como garantir que o kit foi montado corretamente?

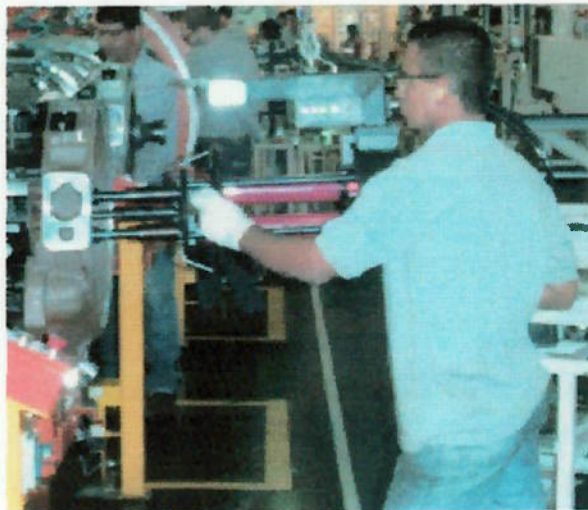
O kit possui uma foto em tamanho real das peças que devem ser colocadas sobre ele. Sobre esta foto existe uma tampa de acrílico para protegê-la. O operador do supermercado basta olhar a foto e colocar sobre ela a peça correspondente. Deste modo fica fácil de identificar a falta de alguma peça e qual peça deve ser montada.





## APERTOS

Em primeiro lugar são usadas máquinas elétricas com transdutor de torque que garantem a qualidade do aperto. Então só falta garantir que todos os apertos sejam feitos.

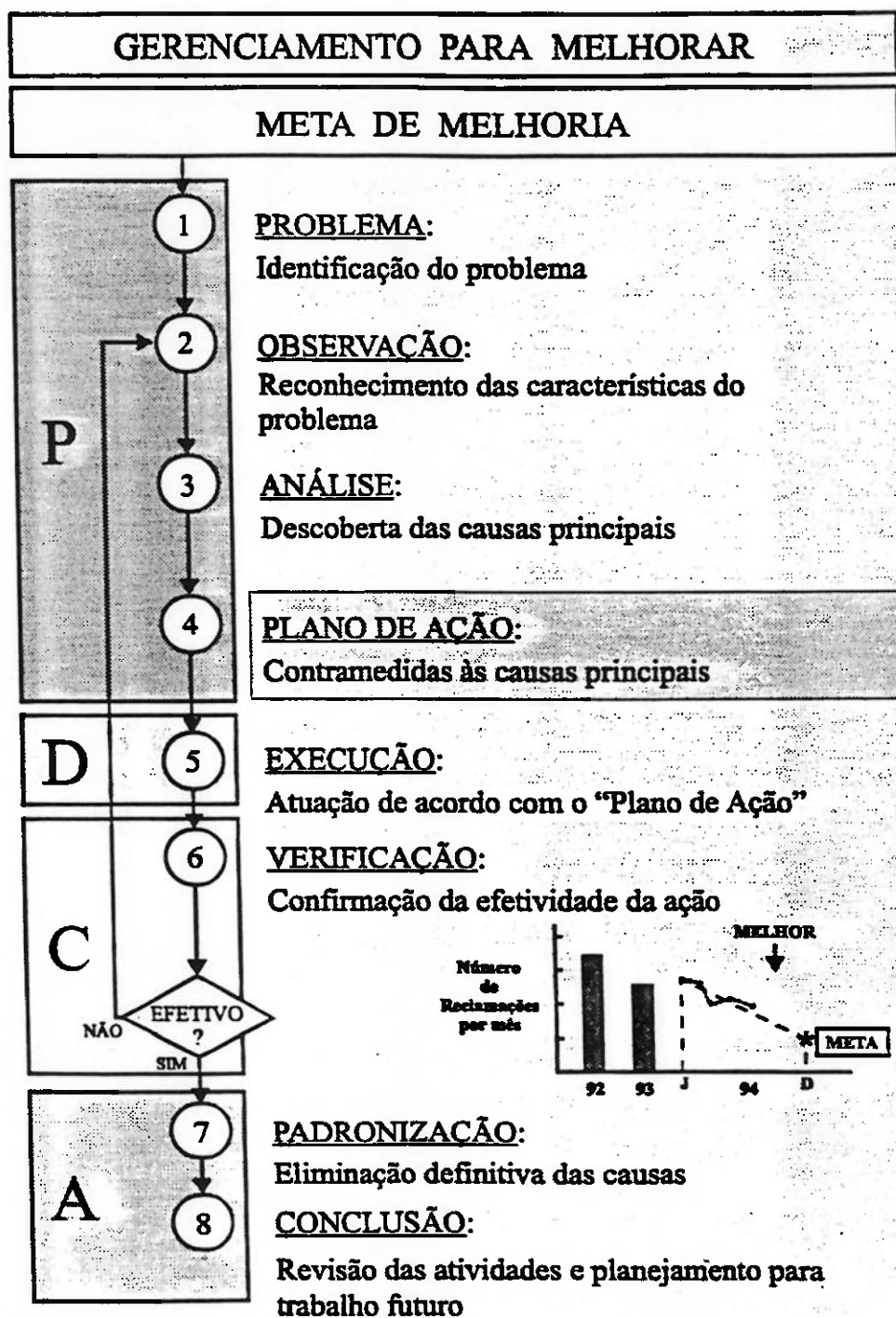


Cada parafusadeira pode ser programada para até seis tipos de apertos diferentes. Este programa registra o tipo do aperto e a quantidade. Para sinalizar qual será o aperto a ser feito existe uma soqueteira. Cada soquete corresponde a um aperto.

Com isso consegue-se obrigar o operador a realizar todos os apertos correspondentes a cada soquete. Caso falte algum aperto a próxima operação não é liberada obrigando o operador a checar qual aperto faltou. Aqui como no exemplo anterior os parafusos são pintados quando do aperto.

## GESTÃO DA QUALIDADE

Na MBBras como em tantas outras empresas é utilizado o sistema GQT (Gestão da Qualidade Total). Este sistema descreve os passos de planejamento e aferição da qualidade. Para se entender o sistema é necessário que se entenda o famoso ciclo PDCA.



Deve-se notar que se trata de um ciclo.

### PLANEJAMENTO

Neste passo devem ser definidas a estratégia e as metas a serem atingidas a partir do conhecimento e análise do problema. Por exemplo Defeito Zero é uma meta. Não basta porém definir a meta sem um prazo.

É por isso que deve ser criado o plano de ação que nada mais é que um documento onde se registra a ação a ser tomada, o responsável por ela e o prazo.

### EXECUÇÃO

Aqui basta seguir o plano de ação.

### CHECAGEM/ VERIFICAÇÃO

Aqui são aferidos se os métodos e padrões usados acima estão dando resultado. O importante é estabelecer índices de controle que realmente representem o processo.

Na área de montagem e teste de motores foi criada a ficha batizada de Batata Quente. Esta ficha não apenas representa o índice de controle mais importante como também ajuda a identificar a raiz do erro. Numa empresa grande como a MBBras são muitas as áreas interagindo logo fica muito difícil identificar o responsável pelo erro.

## BATATA QUENTE

### 1-OBJETIVO:

O sistema da qualidade MTM, tem por objetivo criar a visão de Cliente&Fornecedor, com a estratégia de “Zero Defeito no Cliente”. Com isto pretende-se alcançar um nível de qualidade mundial para a montagem de motores qualificando-a para qualquer tipo de motor ou outro sistema de propulsão veicular.

O sistema propõe a agilização das informações no chão de fábrica, para medidas de contenção das anomalias, quando possível, e soluções corretivas das áreas responsáveis pelas mesmas.

### 2-DEFINIÇÕES:

Sistema da qualidade MTM, são conceitos, procedimentos, meios e responsabilidade necessárias e suficientes para atingir o objetivo acima definido. Este sistema também é denominado de “*Batata Quente*”.

### 3-RESPONSABILIDADE:

Todos funcionários da MTM são responsáveis para implementar e manter a melhoria do Sistema da Qualidade acima descrito.

As responsabilidades dos segmentos de produção DMO, DFE, DCA e as áreas de apoio AQF, CTQ e DGQ estão descritas no P.54.13.001 e P.54.14.001. e as do DLM na IT.540.DLM.00/002.

### 4-DESCRIÇÃO

A sistemática denominada “*Batata-Quente*” visa registrar as anomalias detectadas e informadas pelos clientes, e também durante o processo de produção, em um documento denominado ficha B.Q.

Estas, além da finalidade de registro da qualidade, servem também para informar a ocorrência de uma anomalia ao fornecedor ou ao posto de trabalho onde o defeito foi gerado.

Qualquer colaborador do MTM pode abrir uma ficha B.Q., direcioná-la e analisá-la conforme descrito na MT.MTM.00/.....

Quando a anomalia não for originada na própria MTM, após o fluxo interno, a mesma é direcionada a um painel (chapeira) do fornecedor direto do produto (FPM, LMO, LMI) que toma as ações necessárias ou as repassa para o painel das áreas de apoio, afim de que se tomem as ações cabíveis.

O painel é um indicador de atendimento ao MTM, onde existe também um mostrador de fichas introduzidas, evitando que fichas extraviadas sejam desconsideradas em levantamentos. Vide MT.MTM.00/..... com descrição das chapeiras.

## **5-DOCUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR**

P.54.13.001

P.54.14.001

IT.540.DLM.00/002

IT.540.DMO.00/002

IT.540.DMO.00/016

MT.MTM.00/.....



## 6-PREENCHIMENTO DA FICHA

C/C o qual foi pegu o defeito		Denominação da peça	Status da condição
C/C	PEÇA:		
271.4	LDA		
DEFEITO:		Descrição do defeito	
Flexível do LDA solto.			
INFORM. ADICIONAIS:		Incluir Baumeter e Fz	
BM 377.973 Fz 427729			
AÇÃO IMEDIATA:		Solução para resolução imediata	
Reapertado.			
CAUSA DEFEITO:		Provável causa do defeito	
Falha do operador.			
NOME:		Nome da pessoa que encontrou o defeito	
Mercedes			
REG:		Data que foi encontrado o defeito	
278.082.8		17/03/99	

PLANO DE AÇÃO PREVENTIVO	
O QUE FAZER:	PRAZO:
Haverá um liberador entre o teste e o câmbio e o mesmo fará um check-list para evitar que o defeito siga adiante.	30/03/99
Solução para eliminação do defeito	
Pessoa designada a eliminar o defeito	
RESPONSÁVEL:	Cactano
REVISOR:	Ivo

Registro do operador que encontrou o defeito

Pessoa designada a verificar a real eliminação do defeito

## PADRONIZAÇÃO/ CONCLUSÃO

Nesta fase são combatidos os defeitos encontrados na fase anterior. Isto é feito com a criação do chamado plano de operação padrão. No POP devem constar os itens críticos para que o operador possa consultá-los em caso de dúvida.

As duas ultimas fases são responsáveis pela retroalimentação do ciclo, ou seja, elas fornecem dados para que uma nova estratégia seja elaborada um novo planejamento, assim reiniciando o ciclo.

## CONCLUSÕES

As ferramentas apresentadas neste trabalho não representam todas os modos de se obter/planejar a qualidade mas se bem utilizadas com certeza trarão grandes benefícios.

A implementação da maioria destas ferramentas é um processo longo e doloroso já que muitas delas vão de encontro a muitas teorias que tinha-se como intocáveis. Porém após algum tempo a evolução salta aos olhos.

Agradeço a MBBras por viabilizar meu contato/aprendizado destas ferramentas que com certeza representam o futuro da administração industrial.

## BIBLIOGRAFIA

- Vasto material encontrado na MBBras
- Harmon, Roy. REINVENTANDO A FABRICA , Editora Campus
- Honda & Viveiro, KAIZEN - A MELHORIA CONTÍNUA DE QUALIDADE , Apostila de Curso
- Nakajima, Seiichi. INTRODUÇÃO AO TPM, IMC International
- Schomberger, R. J. , TÉCNICAS INDUSTRIAIS JAPONESAS, Pioneira

# KAIZEN DE QUALIDADE

Sistema de Produção



Mercedes-Benz

QUALIDADE COM QUALIDADE É MELHOR



Tema : Preparação e Teste de Motores

Código : Q04

C.C : 271.4

Período : 05 a 09/08/96



M-089

# KAIZEN DE QUALIDADE

## Componentes do Grupo:

- Ivo - AQP ( Líder )
- Lanaro - PPM
- Marco Antonio - PLF
- Armando - PPM
- Donizete - *38170* MTM
- Marcelo - MFM
- Marcelo - FER
- Marcelo - Loctite

CPK	<b>KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES</b> TEMA: Montagem e Teste de Motores	
-----	---	---



# **METAS**

- ☒ Falta de água no sistema p/ arrefecimento do motor.
- ☒ Soltura de mangueira de entrada de água p/ arrefecimento do motor.
- ☐ Eliminar o ar nas galerias de arrefecimento do motor.

## **Redução de refugo**


Para estes itens apresentados a meta é menor que 1%

## **Redução de Retrabalho**

Para estes itens apresentados a meta é **Zero**.

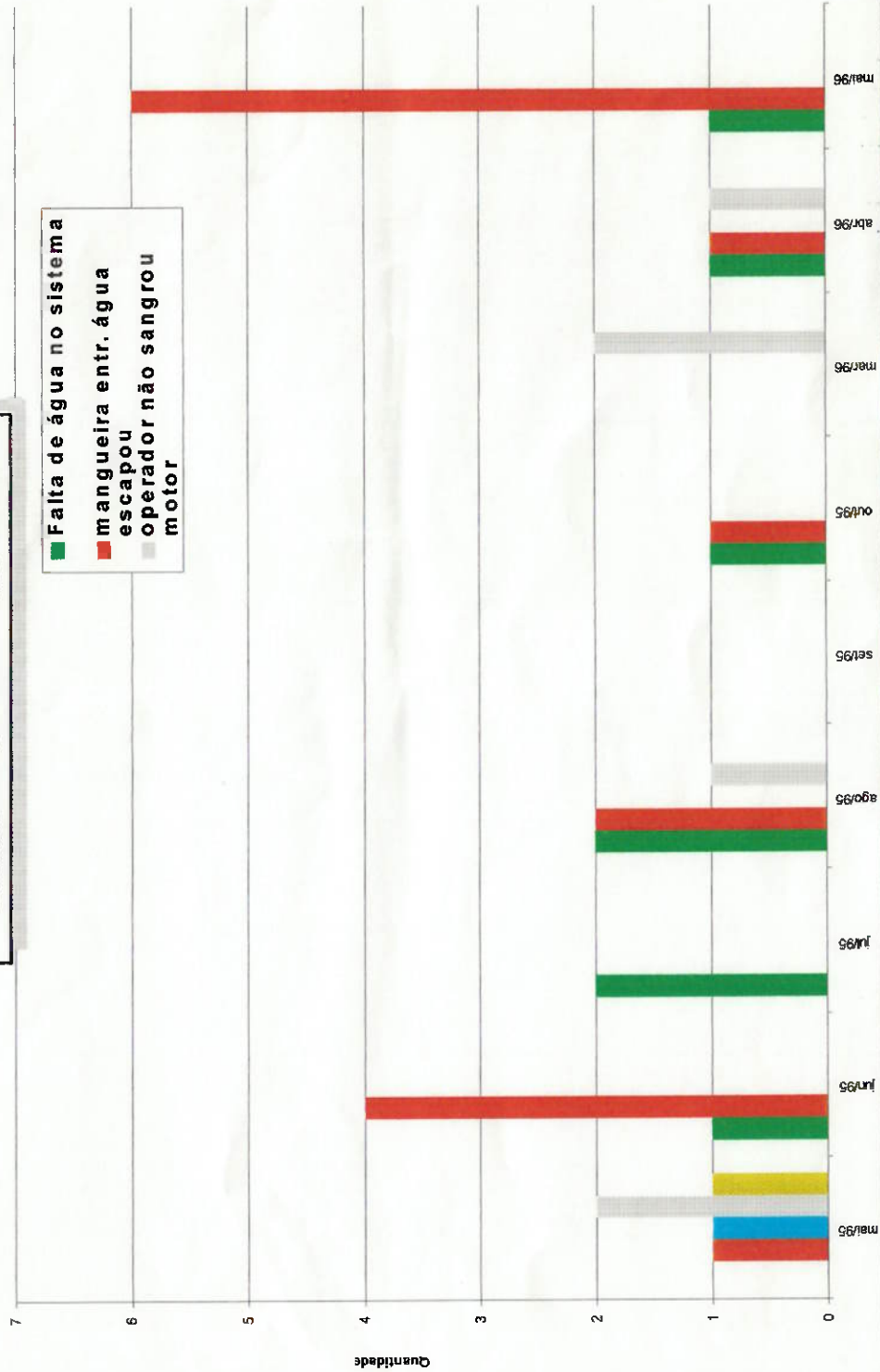
## **Eliminar Desperdícios**

Mão de obra, material e tempo de máquina.

CPK	<b><i>KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES</i></b> TEMA: Montagem e Teste de Motores	 GAQ
-----	--	--

# METAS

Motores fundidos  
Maio95 a Maio96



CPK

KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES

TEMA: Montagem e Teste de Motores



## **6) DESDE QUANDO O DEFEITO OCORRE ?**

Desde Junho de 1986.

## **7) EM QUAL PRODUTO OCORRE ? EM QUAL NÃO OCORRE ?**

Em qualquer tipo de motor .

**CPK**

***KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES***

TEMA: Montagem e Teste de Motores



## 2) QUAL O DEFEITO ?

Falta de água nos motores, gerando super aquecimento nos mesmos.

## 3) QUAL O ÍNDICE DE OCORRÊNCIA ?

69 motores em 17 meses

Em média 4 motores por mês

## 4) QUAL O N° DE HORAS DE RETRABALHO ?

20 horas de retrabalho por motor

1.380 horas para os 69 motores

## 5) ONDE OCORRE O DEFEITO? EM QUE MÁQUINA ?

Nos bancos de provas do cc271.4, ( teste de motores )

CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

TEMA: Montagem e Teste de Motores

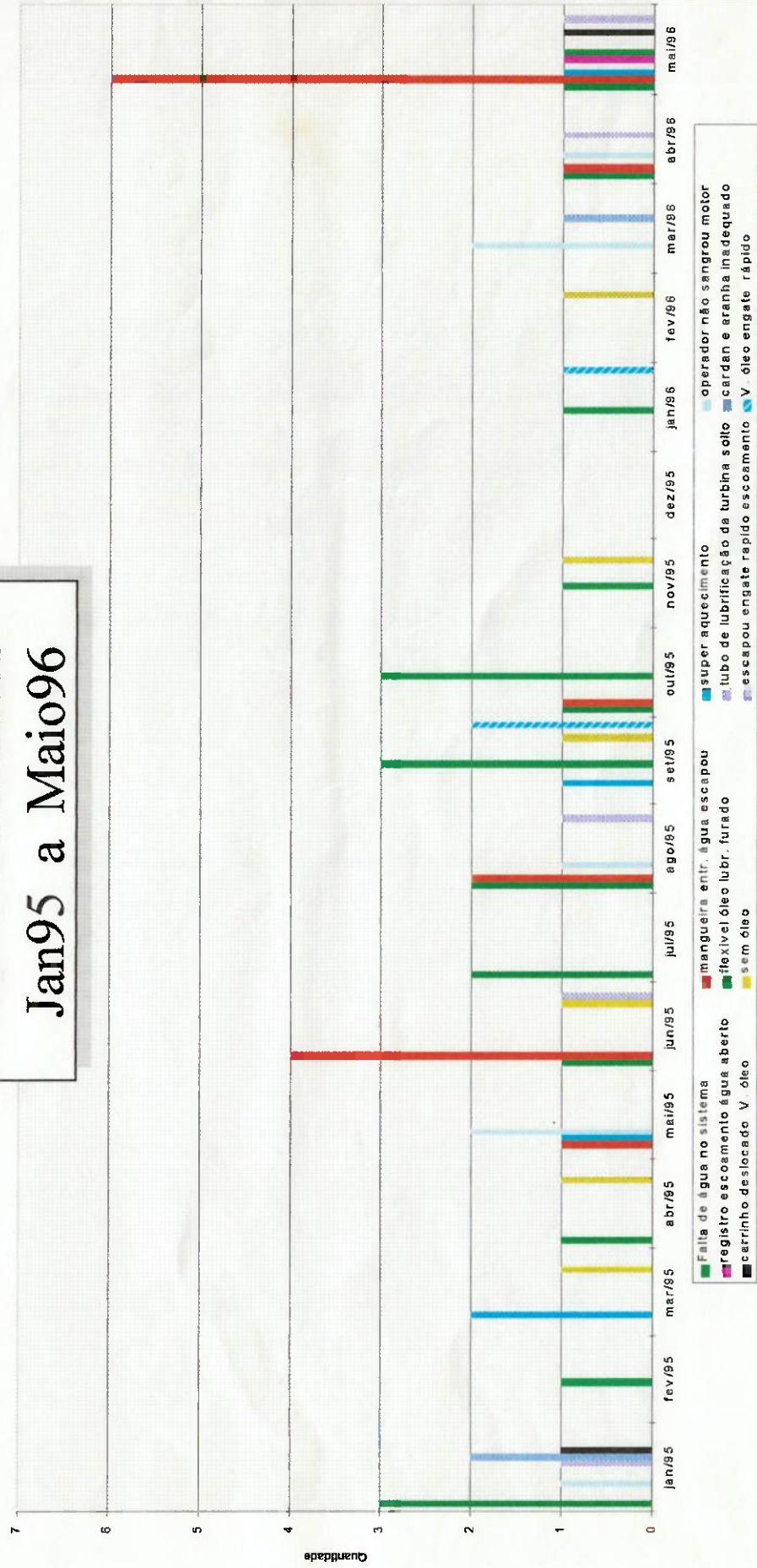




# QUAL A SITUAÇÃO ATUAL ?

## 1) DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA DO PROBLEMA.

Motores fundidos  
Jan95 a Maio96



CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

TEMA: Montagem e Teste de Motores





# IMPLANTAR

# AÇÕES CORRETIVAS

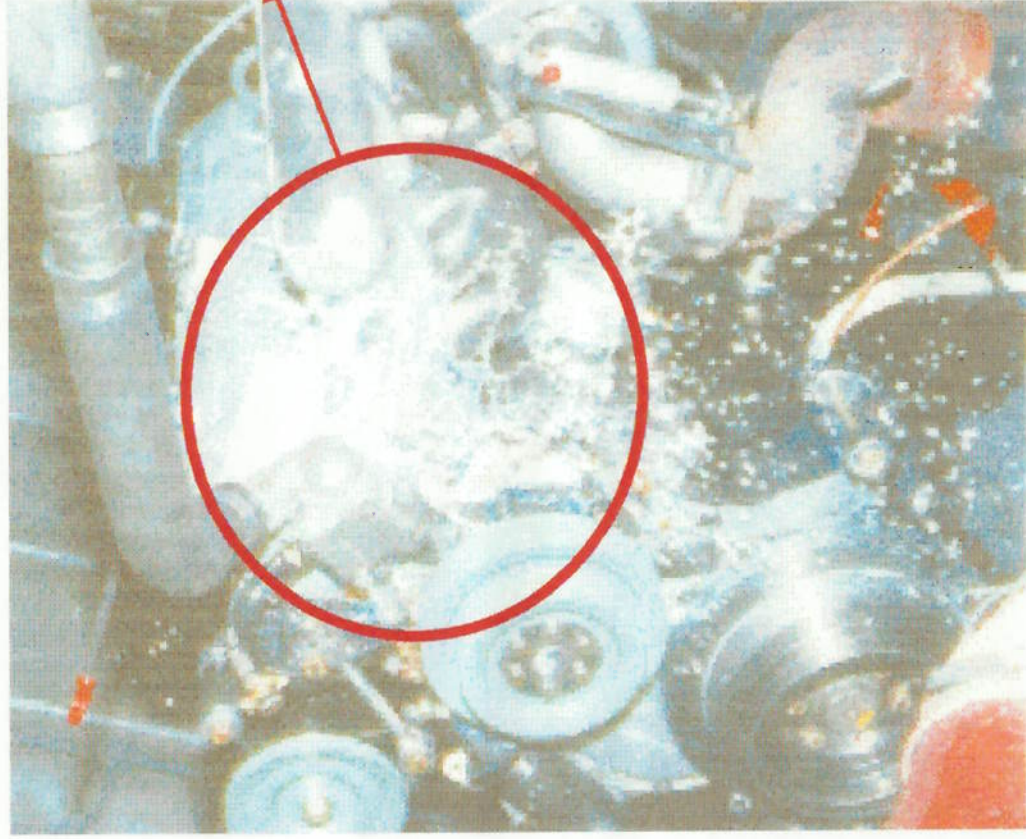
CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

TEMA: Montagem e Teste de Motores



# ANTES DO KAIZEN



Água com produto  
DONAX, é desperdiçada

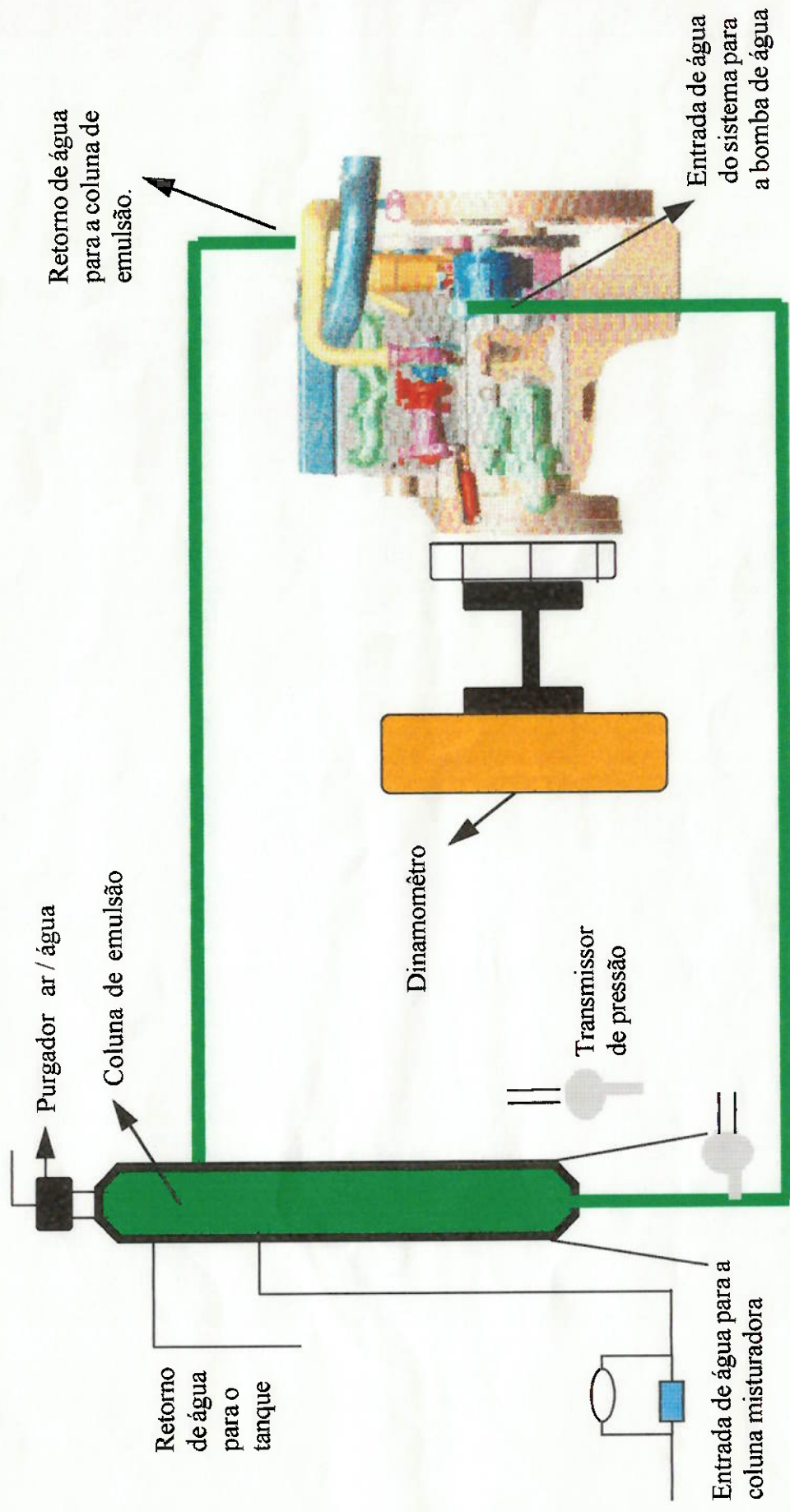
CPK

## KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES

TEMA: Montagem e Teste de Motores



**• Elaboração do plano de implementação da ação corretiva;**

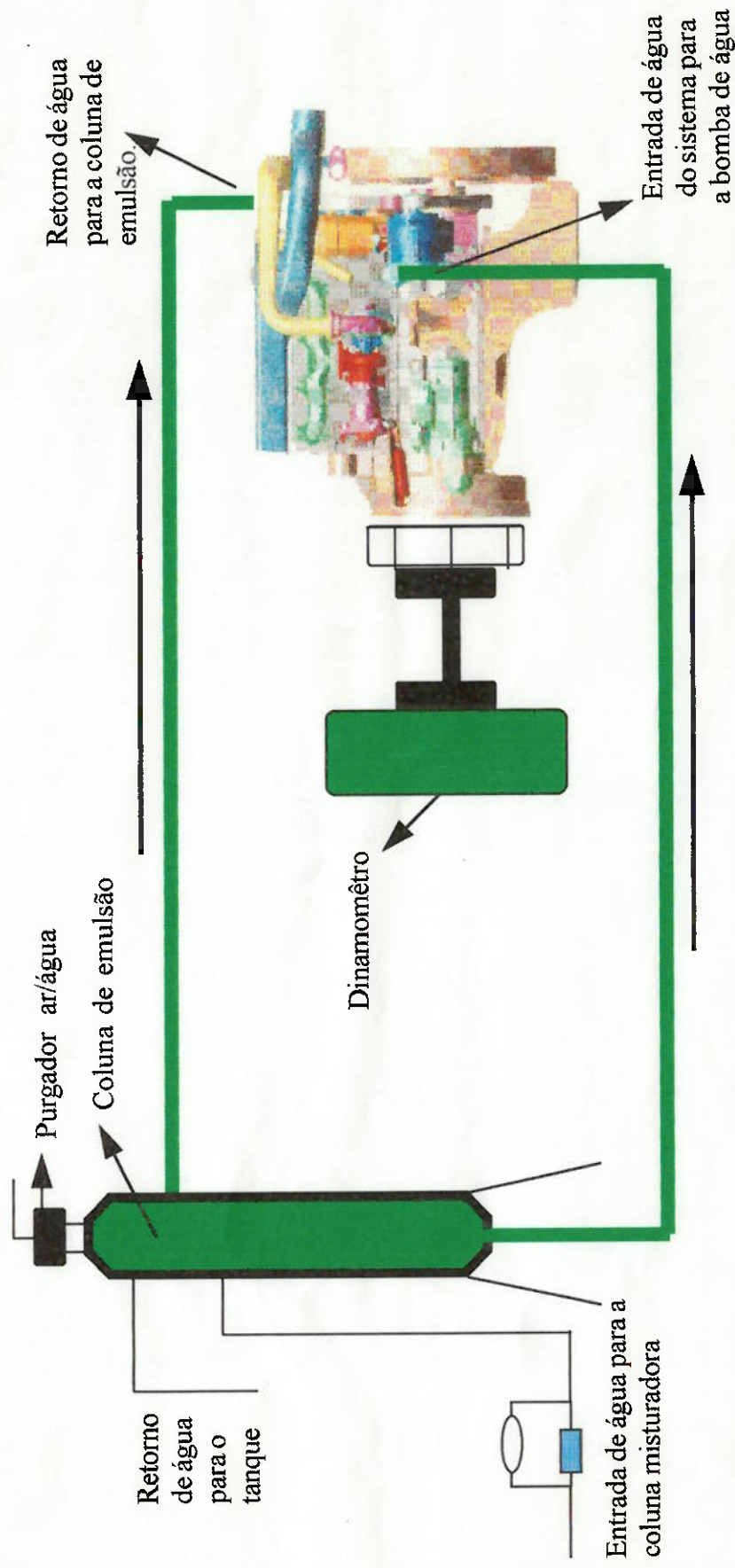


CPK	<p><b>KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES</b></p> <p>TEMA: Montagem e Teste de Motores</p>	
-----	--	---



Eliminar o ar nas galerias de arrefecimento do motor.

## ANTES DO KAIZEN



CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

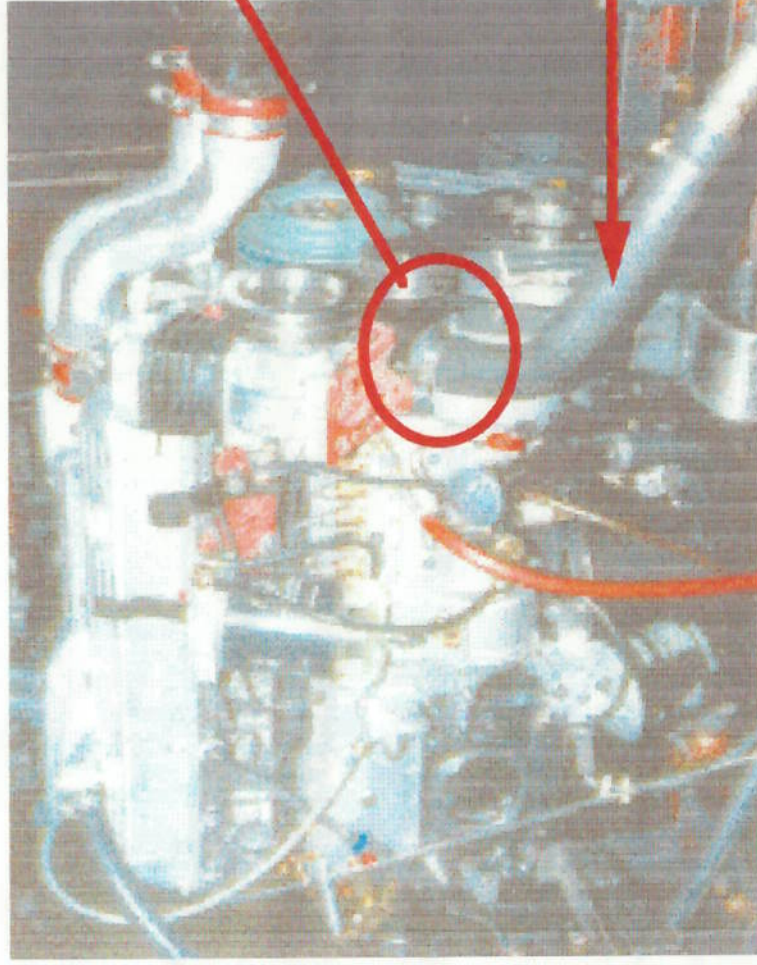
TEMA: Montagem e Teste de Motores



■ Falta de água no sistema p/ arrefecimento do motor.

■ Soltura de mangueira p/ entrada de água p/ arrefecimento do motor.

## ANTES DO KAIZEN



Ponto onde ocorre  
a soltura da mangueira  
de entrada de água.

Mangueira de  
entrada de água  
para arrefecimento.

CPK

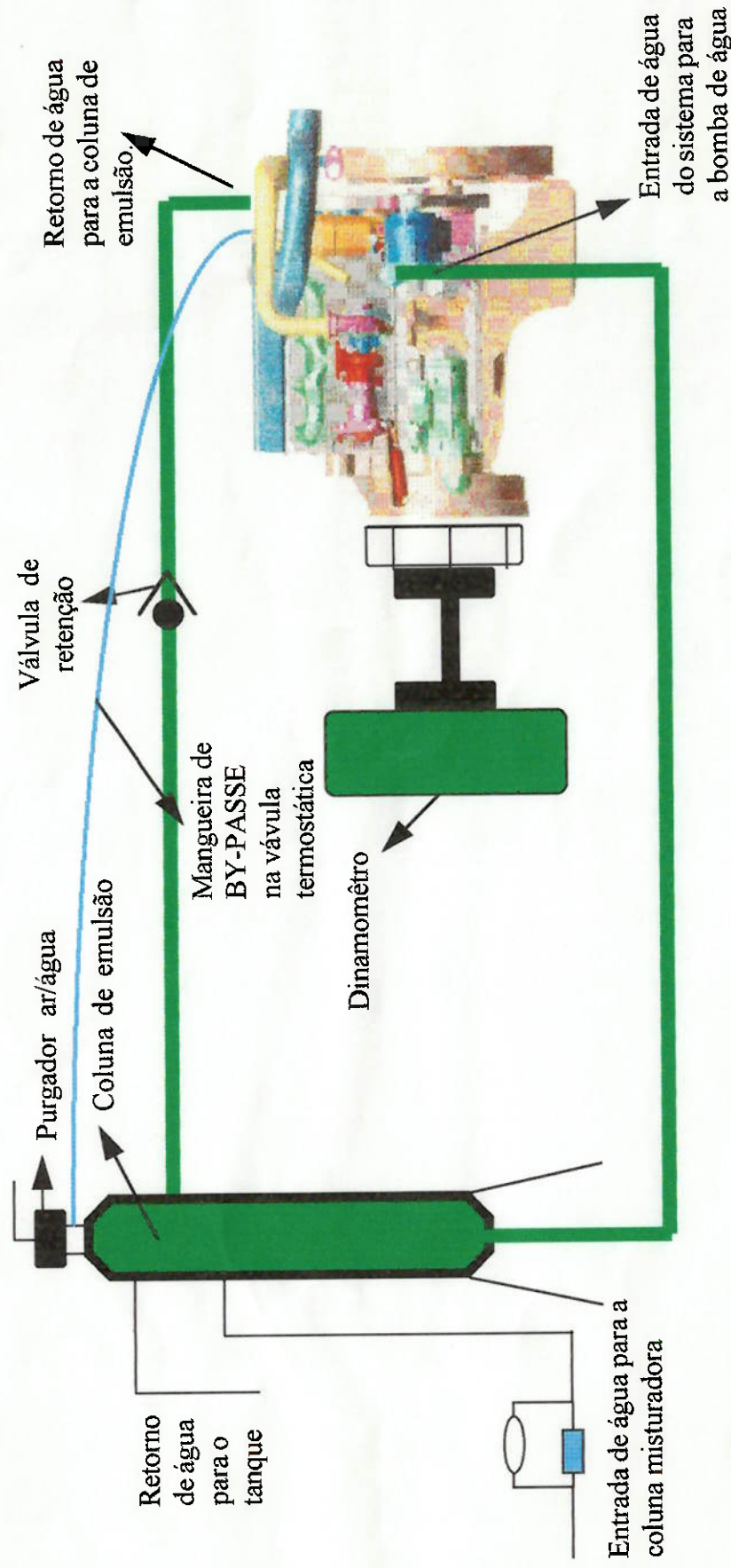
## KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES

TEMA: Montagem e Teste de Motores





## • Elaboração do plano de implementação da ação corretiva;

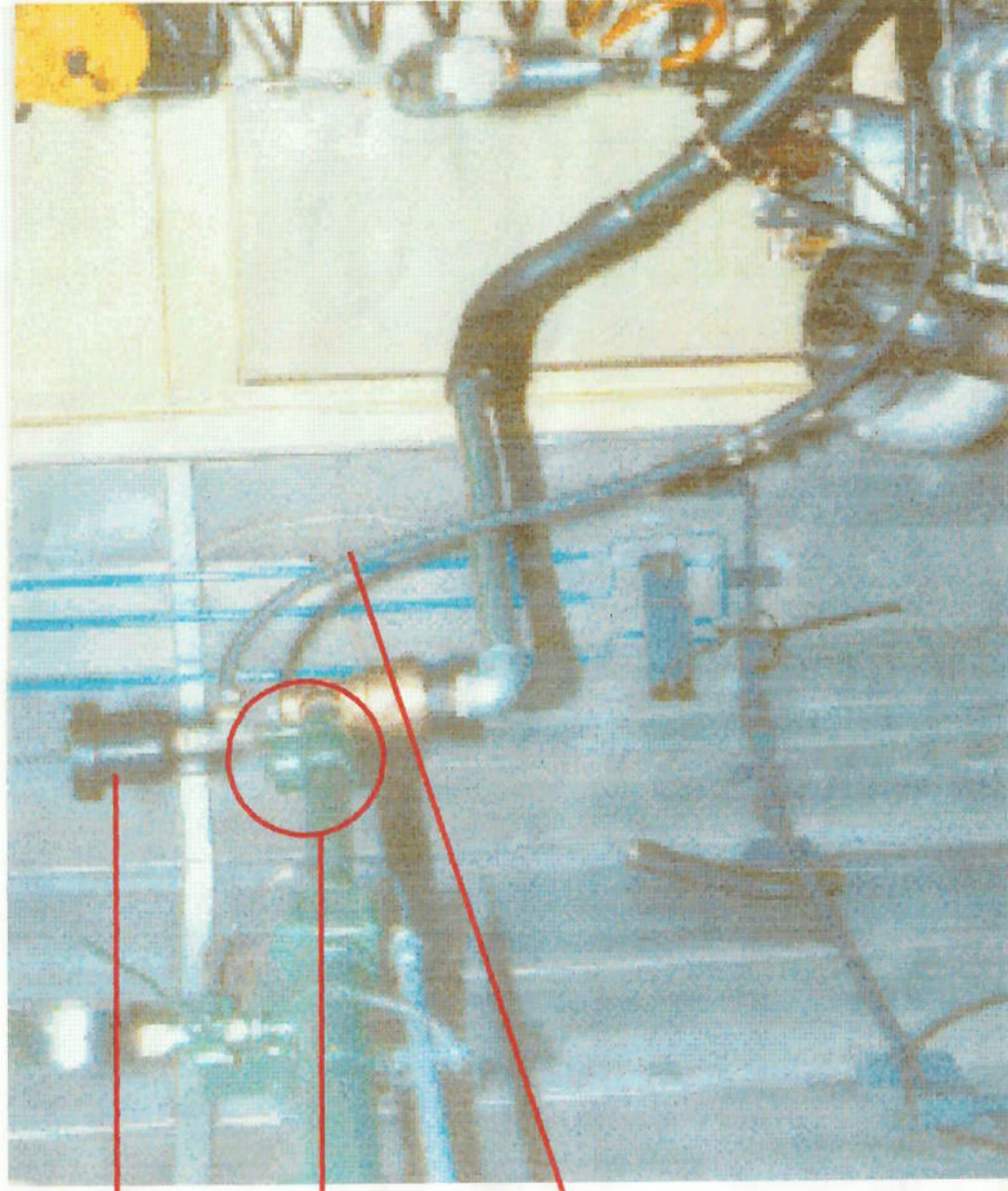


CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

TEMA: Montagem e Teste de Motores





Purgador ar / água

Válvula de retenção

Mangueira para  
retorno da água  
tratada para o  
tanque de emulsão,  
sem ter o desperdício

CPK

**KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES**

TEMA: Montagem e Teste de Motores





## CONCLUSÃO:

Refugo por motor = R\$ 797,00  
Total do refugo = R\$ 23.113,00

Mão de obra gasta para retrabalho por motor = R\$ 106,00  
Total de M.O. gasta para retrabalho = R\$ 3.074,00

**Total do desperdício = R\$ 26.187,00**

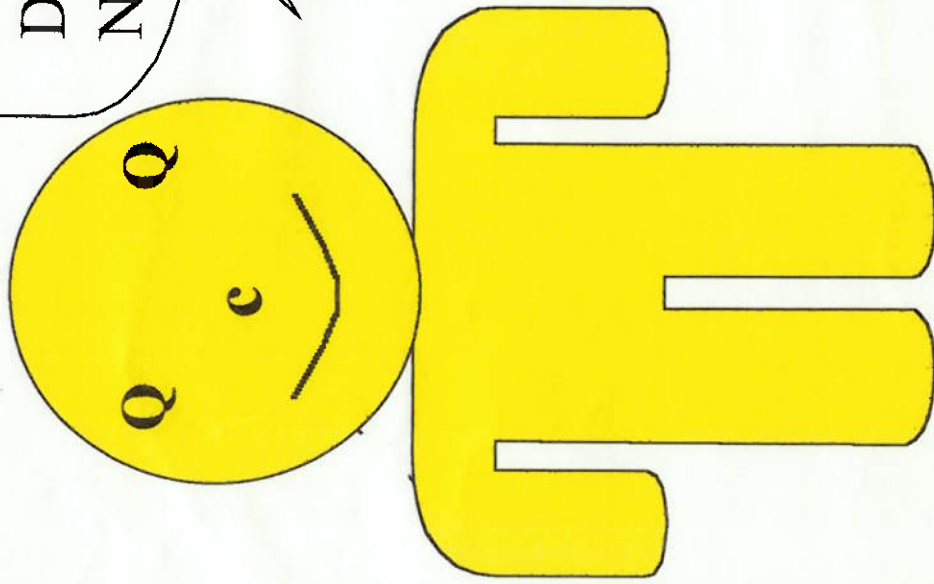
## INVESTIMENTO:

Instalação do pressostato ( sensor de pressão ) = R\$ 760,00 p/ cela.

CPK	<b>KAIZEN DE QUALIDADE - MOTORES</b> TEMA: Montagem e Teste de Motores	
-----	---	---

# ***KAIZEN DA QUALIDADE***

**ADOTE ESTA IDÉIA, POIS, ASSIM  
CONSEGUIREMOS REDUZIR OS  
DESPERDÍCIOS E AUMENTAR  
NOSSA PRODUTIVIDADE**



# ANEXO II

## RELATÓRIO AUDIT





**MERCEDES - BENZ DO BRASIL S.A.**

**GQA**

16 DEZ. 1998



# **RELATÓRIO MENSAL DA QUALIDADE PARA SEGMENTO DE MOTORES**

**Data: Novembro/98**

SB

GC

①

64

## **RELATÓRIO DA QUALIDADE PARA MOTORES** **MÊS NOVEMBRO/98**

Anexo encontram-se os relatórios da Qualidade referentes a Auditoria de Motores, Teste de Emissões, Auditoria de Processos, Custos, Garantia, Auditoria de Pintura e Tratamento Superficiais.

### **Auditoria de Motores**

A nota média audit este mês foi 1,3, melhor que a meta 98 que é 1,5.

Além da melhoria na média, notamos também que a variabilidade entre a pior e a melhor nota também diminuiu, o que revela processos mais estáveis, com menor oscilação.

Esta tendência tem sido observada desde Set/98.

Os principais problemas encontrados este mês foram:

- Cartér de óleo amassado na aba (BR-300);
- Dois casos de válvulas de admissão e escape com folga acima do especificado (BR-400/450);
- Porca de retenção do porta injetor solta (BR-400/450).

Além destes, auditamos este mês 2 BR-900 com nota não computada na média.

Tiveram nota 1,4 e 1,6 respectivamente. (vide detalhes no anexo).

### **Teste de Emissões e Desempenho**

Este mês só testamos quanto a desempenho, motores eletrônicos. Todos apresentaram resultados dentro do especificado.

Em emissões, temos o OM 364A (80Kw – Euro I) não atende NOx.

Nota-se que para os motores OM 904 LA (90Kw – Euro II) os valores de NOx e MP encontram-se muito próximos dos limites legais.

Faz-se necessário uma ação conjunta no sentido de encontrar solução para isto.

Testamos também 20 veículos LS 1938 e 16 veículos L/LS/LK 2638 quanto a fumaça em aceleração livre, comparando os dados com os obtidos em banco de prova. (vide resultados anexos).

## **Auditoria de Processos**

O grau de atendimento à norma ISO 9001 em nossa auditoria de processo foi de 70% (Exigências cumpridas em parte, com divergências).

As principais não conformidades encontradas foram:

- Não foi possível recuperar registros de investigação de não conformidade oriunda da garantia, onde foi reclamado que uma polia da bomba d'água do 366 apresentava falha de usinagem na face;
- Não foi possível evidenciar a monitorização do processo de prensar as esferas no suporte do Balancim nem do processo de prensar abucha na Balancim. Processo não confiável.

## **Custos**

Os custos de retrabalho estão bem abaixo das metas estipuladas, já os custos de refugo continuam crescendo desde agosto/98.

O valor de novembro foi R\$ 21/motor contra uma meta de R\$ 7,2/motor.

## **Garantia**

Os custos de garantia do motor continuam subindo constantemente desde Set/98.

Este mês o valor dos custos para a DLM foi de R\$ 306.000,00.

Os principais problemas de garantia foram:

- 102 casos de vazamento pelo anel de vedação traseiro do girabrequim (94 do BR-400 e 8 do BR-300);
- 114 casos de vazamento/engripamento/ruído etc, na bomba d'água;
- 119 casos de vazamento pelo anel dianteiro do girabrequim (108 BR 300 e 11 BR 400).

## **Auditoria de Pintura e Tratamento Superficiais**

O grau de atendimento à ISO 9001 foi de 80% no FPM e 73% no MTM (Exigências cumpridas em partes, poucas divergências).

As principais não conformidades foram:

- Não está definido o critério de aceitação para o número de pontos da camada de tinta abaixo de 40 microns (exigidos pela EPS) encontrados em um motor (MTM);
- Os pintores não possuem documentação de treinamento para a execução da tarefa (MTM);
- Não está definido a utilização do travante químico nos planos de processo fixados nos postos (MTM);
- Não existe controle dos parâmetros para garantir a qualidade do óleo no processo de óleoamento de peças (FPM).

## **Conclusão**

Faz-se necessária uma atenção especial às reclamações e aos custos de garantia que estão crescendo desde setembro.

Seria bom elaborar um plano de ação para as reclamações mais críticas.

Gonella



# ANEXO III

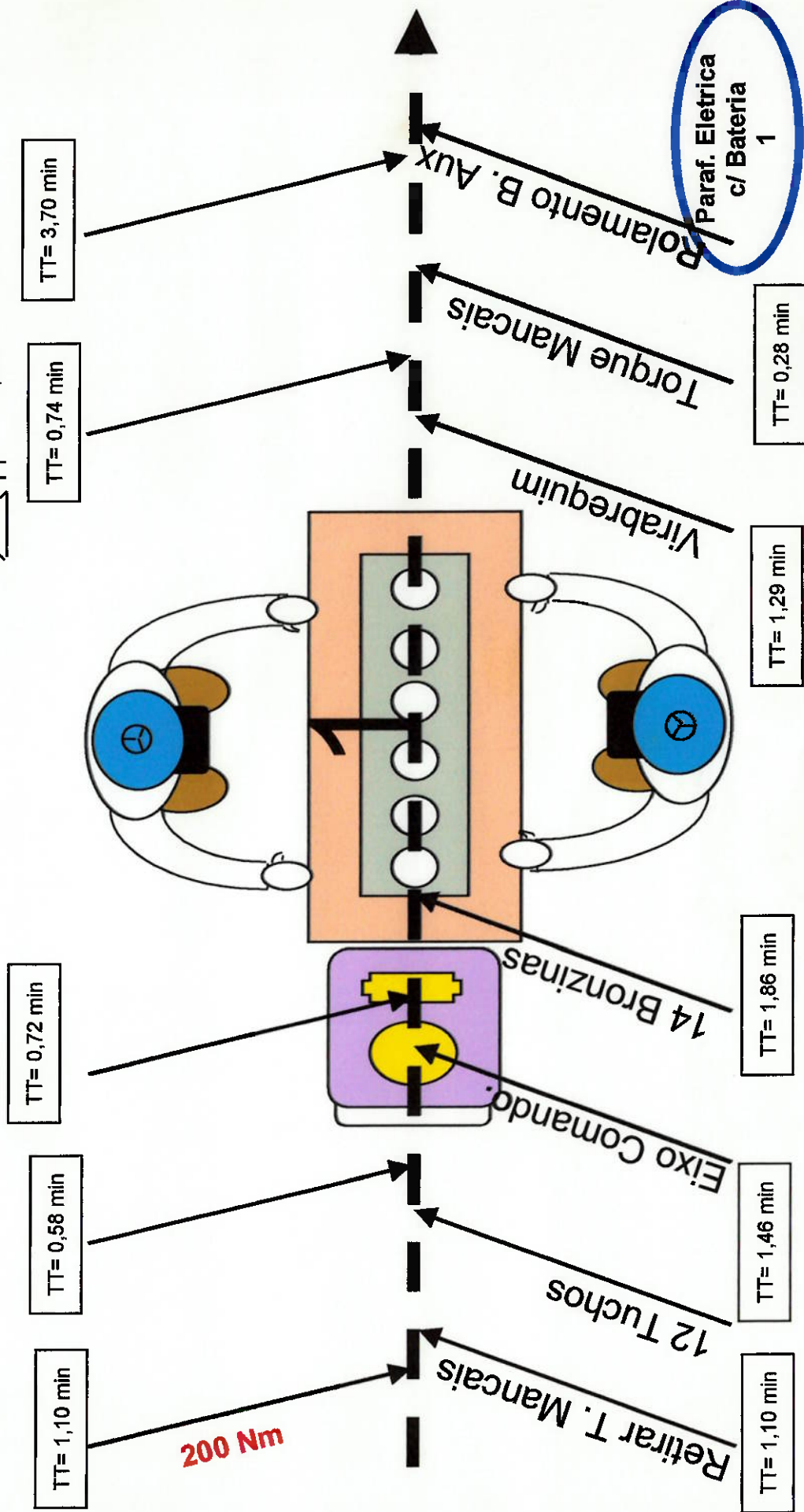
## SEQUÊNCIA DE MONTAGEM

Lado Esquerdo da Linha

Paraf. Tensor  
Bifuso

Takt - Time = 7.54 min

$\sum_{TT} = 6,84 \text{ min}$



Lado direito da Linha

$\sum_{TT} = 5,99 \text{ min}$

Lado Esquerdo da Linha

Takt -Time = 7.54 min

$\sum_{TT} = 6,01 \text{ min}$

Paraf.Tensor  
Bifuso

Girar 90°  
Face cabeçote  
p/lado Direto da Linha

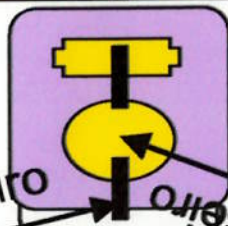
TT= 3,38 min

TT= 1,99 min

Eng. Virabrequim

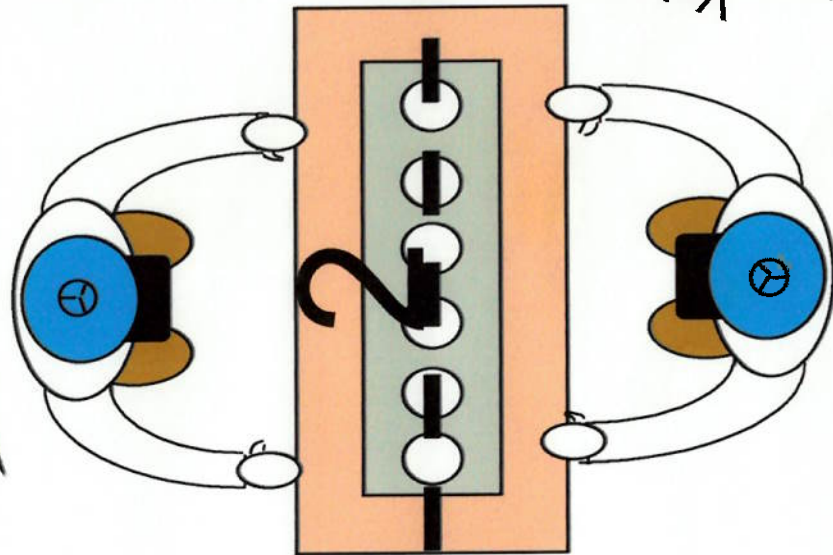
50 Nm

Suporte Traseiro



Carcaca Distr.

TT= 1,11 min



Volante

Bomba Aux.

Tampa B. Aux.

Eng. Bomba Aux.

Girar 90°  
Carter p/ cima

TT= 3,91 min

TT= 0,64 min



Lado direto da Linha

$\sum_{TT} = 5,53 \text{ min}$

Lado Esquerdo da Linha

Paraf. Tensor 4

Paraf. Tensor 4

Paraf. Tensor Bifuso

TT= 2,59 min

TT= 2,99 min

Girar 180°

$\sum TT = 7,17 \text{ min}$

TT=0,84 min

TT=0,32 min

TT=0,43 min

Tampa Virab.

Disco de Embr.

TT= 3,44 min

TT= 0,46 min

Plato

Paraf. Tensor 3

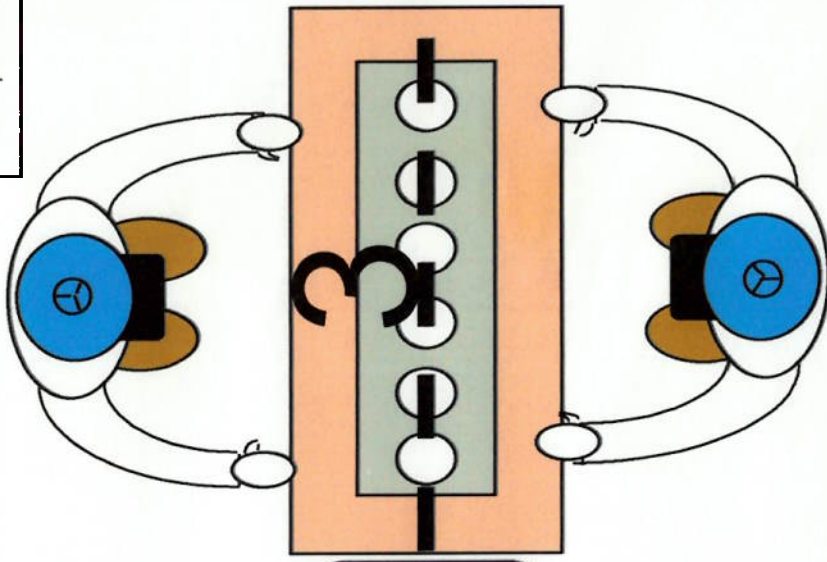
Lado direito da Linha

$\sum TT = 5,18 \text{ min}$

Suporte Serv.

TT= 1,68 min

Suporte Serv.





Lado Esquerdo da Linha

Lado Direto da Linha

TT= 0,63 min

Paraf. Tensor 6

$\sum TT = 6,94 \text{ min}$

TT=3,53min

TT=2,28min

TT=0,50 min

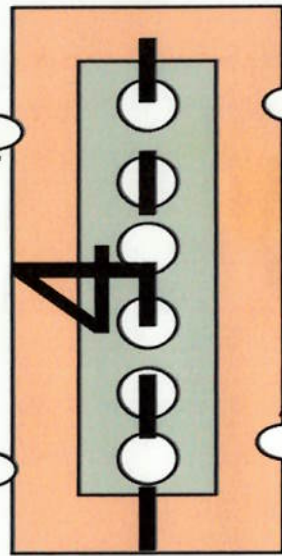
Guiar e Fixar Bielas

Torque Bielas

Cj. Bomba de Óleo

Junta Cáter

Torque Cáter



Sensores

6 Pistões

TT= 4,0 min

TT= 1,07 min

Paraf. Tensor Bifuso

Paraf. Tensor 5

$\sum TT = 6,31 \text{ min}$

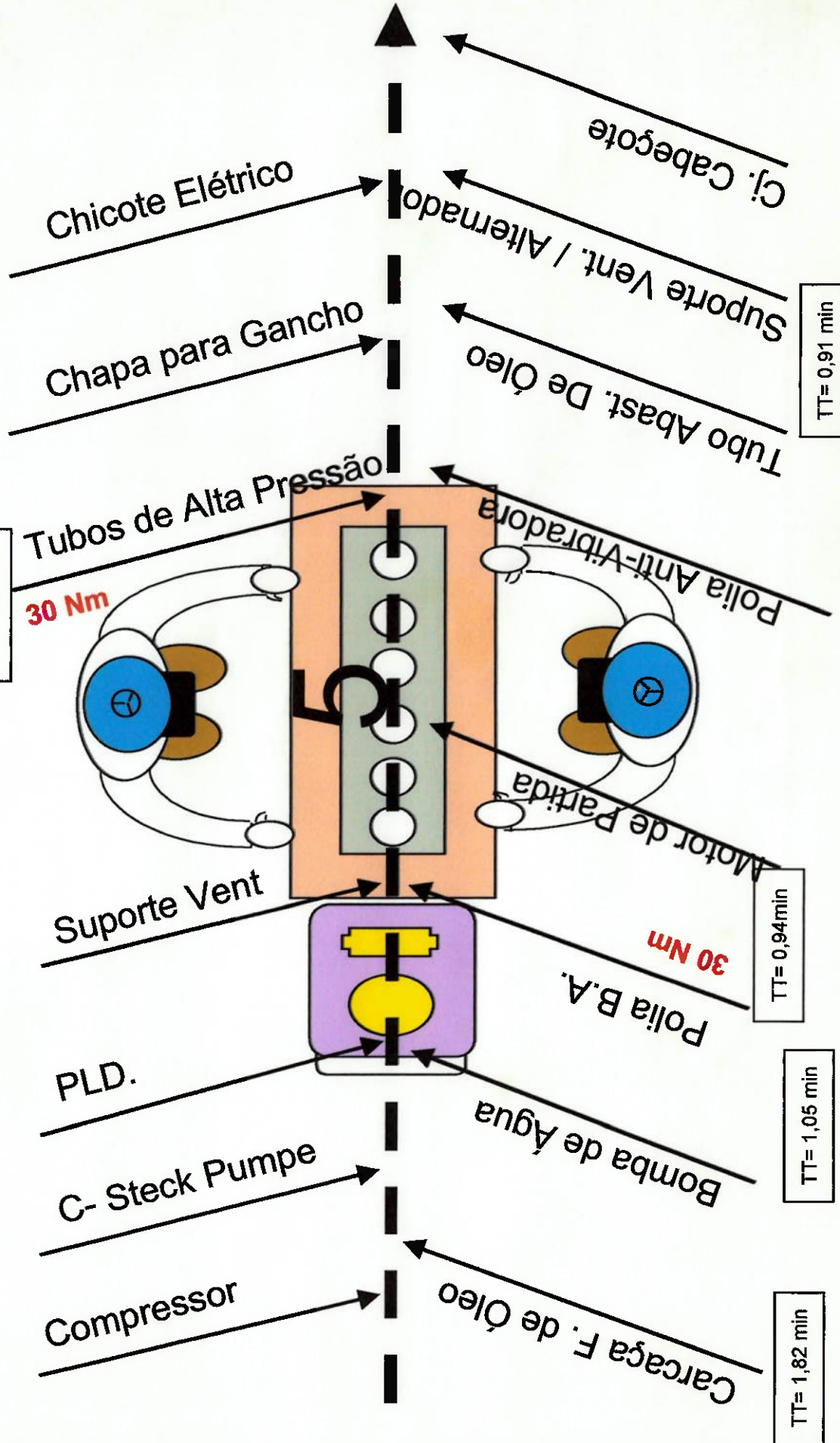
Lado direito da Linha

$\sum TT = 7,43 \text{ min}$

Lado Esquerdo da Linha

TT= 0,40 min

TT=0,45 min



Chicote Elétrico

Chapa para Gancho

Tubo Abast. De Óleo

Polia Anti-Vibradora

Motor de Partida

Polia B.A.

Bomba de Água

C- Steck Pumpe

Compressor

Carcaça F. de Óleo

PLD.

Suporte Vent

Tubos de Alta Pressão

30 Nm

30 Nm

30 Nm

TT= 0,91 min

Paraf. Tensor Bifuso

TT= 0,32min

$\sum TT = 5,28 \text{ m}$

Lado direito da Linha

TT= 1,82 min

TT= 1,05 min

TT= 0,94min

Lado Esquerdo da Linha

TT= 4,32 min

TT= 0,35 min

Paraf. Eletrica  
c/ Bateria  
2

Conj. Balancim

Varetas

Torque Cabecote  
35 Nm

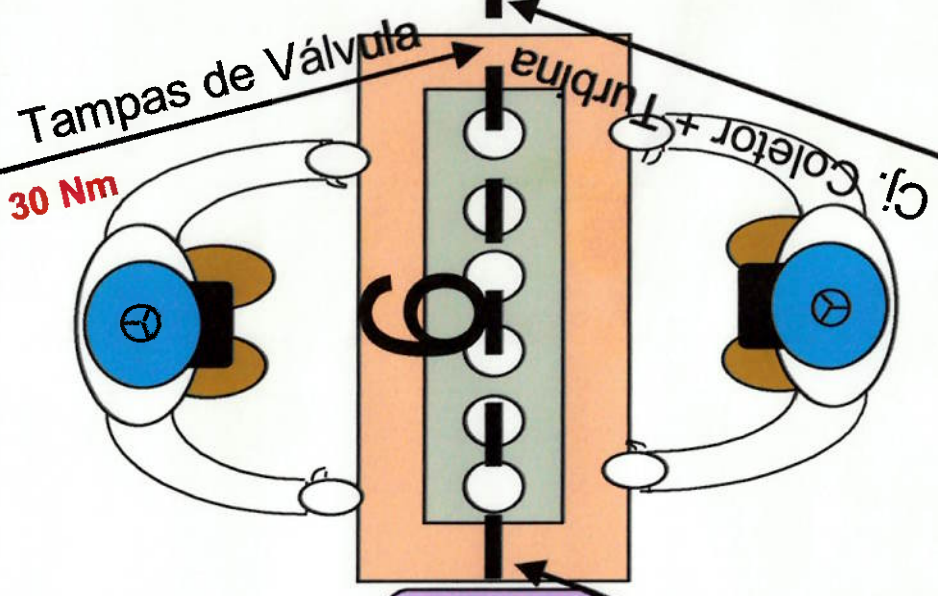
TT= 0,65 min

Regulagem Balancim  
100 Nm

TT= 0,65 min

Tubo Retorno Cab. de Pressão  
60 Nm

TT= 1,33 min



Conexão Compressor

TT=2,00 min

Tubos na Bomba Aux.

Tubo Retorno Turb.  
30 Nm

TT= 1,21 min

Tubo Lubr. Turbina

TT= 1,12 min

TT=0,55 min

Tampas de Válvula  
30 Nm

TT= 1,12 min

Paraf. Tensor  
9

$$\sum TT = 6,08 \text{ min}$$

Lado direito da Linha

Lado Esquerdo da Linha  $\sum TT = 4,39 \text{ min}$   $\sum TT = 7,34 \text{ min}$

TT= 0,78 min

Mangueira Compressor  
15 Nm

Abast. Motor com Óleo  
23 Nm

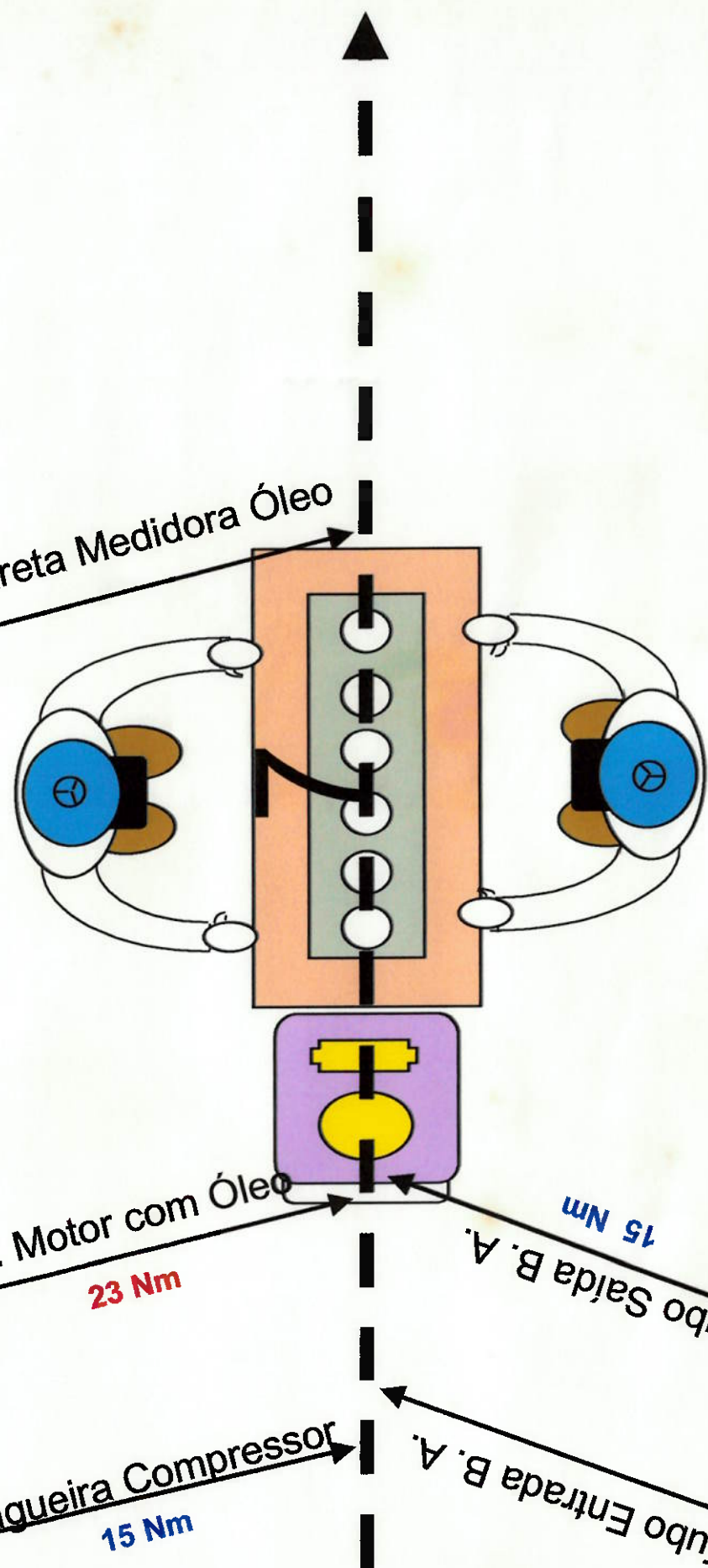
TT= 0,67 min

Vareta Medidora Óleo

TT=0,45 min

TT=1,99 min

TT=0,40 min



Paraf. Elétrica  
c/ Bateria  
4

Lado direito da Linha  $\sum TT = 6,76 \text{ min}$