



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECHANICA

Memorando DMIEM 145/12

Piracicaba, 26 de setembro de 2012

Tendo em vista os problemas de rolamentos apresentados em alguns conjuntos motobombas de unidades do SEMAE, esta Divisão vem realizando relatório técnico de acompanhamento da vida útil dos rolamentos desses equipamentos.

Após a realização de testes do rolamento da marca *ROLLWAY*, instalados em equipamento (bomba centrífuga) com rotação de 3500 rpm, da Estação Elevatória de Água Tratada Balbo, verificamos que os rolamentos apresentaram falha precoce, conforme anexo.

Informamos que para a realização desse teste, levamos em consideração os seguintes fatos.

- Procedimentos de desmontagem e montagem de bombas centrífugas;*
- Procedimento de montagem de rolamentos;*
- Relatório de análise de vibração do equipamento;*
- Relatório de balanceamento do conjunto girante do equipamento.*

Atenciosamente

DENIVAL J. SANTIN

Divisão de Manutenção e
Instalação Eletromecânica



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECAÂNICA

BOMBAS CENTRÍFUGAS

PROCEDIMENTO PARA DESMONTAGEM DA BOMBA

- Retirar as seguintes peças e componentes.
 - *a tampa de sucção da voluta;*
 - *a porca ou o parafuso de fixação do rotor;*
 - *o rotor;*
 - *os parafusos ou porcas da sobreposta (preme) das gaxetas ou selo mecânico;*
 - *a voluta;*
 - *o selo mecânico ou gaxeta, o anel cadeado (quando gaxeta) e a sobreposta (preme);*
 - *a luva do acoplamento;*
 - *as tampas dos rolamentos do cavalete;*
 - *o eixo com rolamentos.*

Nota: - Retirar todos parafusos, porcas, chavetas e vedações;
 - Utilizar ferramental adequado.

- Lavar todas as peças e componentes da bomba;
- Fazer inspeção visual em todas as peças e componentes da bomba (retentores, rolamentos, rotor, selo mecânico, anéis e juntas de vedação, etc), analisando possíveis falhas e defeitos, substituindo-as quando necessário;
- Verificar medidas (apertos e folgas recomendadas)
- *do alojamento da luva do acoplamento e do rotor;*
- *do alojamento dos rolamentos e retentores no eixo e no cavalete (mancal);*
- *do alojamento e da luva (bucha) da gaxeta ou selo mecânico;*
- *das tampas dos mancais e da tampa de sucção da voluta;*
- *das roscas dos eixos e porcas, entre outras.*
- Quando necessário,
 - *solicitar metalizações no eixo da bomba;*
 - *solicitar ao Torneiro Mecânico, os ajustes e usinagens adequados;*
 - *solicitar ao Soldador, enchimento da tampa e do corpo da bomba;*
 - *montar o conjunto girante da bomba (eixo, luva do acoplamento e rotor) para balanceamento.*
- Fazer pintura das peças e componentes da bomba.



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECCÂNICA

BOMBAS CENTRÍFUGAS

PROCEDIMENTO PARA MONTAGEM DA BOMBA

- Retirar a luva de acoplamento e o rotor do eixo da bomba (quando este foi balanceado);
- Colocar as seguintes peças e componentes:
 - *os rolamentos adequadamente no eixo (ver procedimento de montagem), quando necessário a substituição;*
 - *o eixo com os rolamentos no interior do cavalete e fazer pré lubrificação;*
 - *as tampas com retentores dos rolamentos no cavalete;*
 - *a luva de acoplamento;*
 - *a sobreposta (preme), o anel cadeado (quando vedação com gaxeta) ou selo mecânico;*
 - *a voluta com a sede do selo mecânico (quando a vedação não for com gaxeta);*
 - *o rotor e a porca de fixação;*
 - *a tampa de sucção da voluta;*
 - *a gaxeta de vedação (quando não for com selo mecânico).*

Nota: - Utilizar juntas, anéis de vedação, parafusos e ferramental adequados.

- Fazer pintura de acabamento e lubrificação geral.



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECÂNICA

ROLAMENTOS

PROCEDIMENTO PARA MONTAGEM DE ROLAMENTOS EM EIXOS

Equipamento: Aquecedor Indutivo

Método: Controle por Temperatura

- Colocar o bastão adequado (conforme tabela abaixo) no interior do rolamento e colocá-lo nas bases (núcleos) do aquecedor;

TABELA

Aresta dos bastões (mm)	12	20	30	40	60
Diâmetro interno do rolamento (mm)	20	30	45	60	200

- Posicionar a manopla (chave comutadora) na posição temperatura;
- Selecionar no pirômetro a temperatura de aquecimento;
- Posicionar a sonda magnética no anel interno do rolamento;
- Energizar o equipamento através do botão “liga”;
- Aguardar, pois o equipamento desliga automaticamente;
- Com o auxílio de luvas, imediatamente deve-se introduzir o rolamento no eixo.

RECOMENDAÇÕES

- Quando o equipamento estiver ligado, evitar a aproximação de pessoas portando relógio analógico (ponteiro) e de marca-passos, devido ao intenso campo magnético;
- Não retirar a fita crepe do núcleo do transformador e dos bastões, pois evitam oxidações e ruídos;
- Não ligar o equipamento sem os bastões, pois provocará sobrecarga;
- Não comutar a manopla (chave comutadora) com o equipamento ligado;
- Ao utilizar a sonda magnética, retirar as limalhas do ímã.

DESMAGNETIZAÇÃO

- A desmagnetização é realizada automaticamente após 03 segundos.


SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECAÂNICA
CARACTERÍSTICAS DA BOMBA
Estação Elevatória de Água Tratada Balbo
Dados de placa das bombas

Fabricante	IMBIL
Modelo	INI 65-250
Série	42960
Potência	75,0 CV
Rotação	3555,0 rpm
Tensão	220 Volts
Corrente	174,0 A
Vazão	35,0 l/s
Altura manométrica	80,0 mca
Diâmetro do rotor	240,0 m
Rolamento traseiro	6308 C3
Rolamento dianteiro	6308 C3
Vedação	Gaxeta 3/8"
Lubrificação	Óleo ISO VG 46
Retentor	1707 BRG
Peso	89,0 kg
Patrimônio	09389



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA
Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECÂNICA

INTERVENÇÃO REALIZADA

(Substituição dos Rolamentos)

- **Data:** 21/08/2012
 - **Equipamento:** Bomba n.º 02
 - **Local:** Estação Elevatória de Água Tratada Balbo
 - **Características dos rolamentos:**
 - Marca:** ROLLWAY
 - Número dos rolamentos de esfera:** - Dianteiro (lado do rotor): 6308 C3
-Traseiro (lado do acoplamento): 6308 C3
 - **Serviços realizados**
 - Desmontagem completa da bomba, limpeza, medições, preparo de peças e componentes para montagem (ver procedimento).
 - Montagem dos rolamentos na bomba (ver procedimento).
 - Montagem completa da bomba e lubrificação (ver procedimento).
 - Verificações das dimensões dos alojamentos do eixo da bomba.
- a) Rolamento dianteiro:
- *Aperto do alojamento no eixo:* + 0,01/-0,00
 - *Folga do alojamento do mancal:* + 0,02/-0,00
 - *Folga da tampa do mancal:* + 0,0/-0,0
- b) Rolamento traseiro:
- *Aperto do alojamento no eixo:* + 0,01/-0,00
 - *Folga do alojamento do mancal:* + 0,02/-0,00
 - *Folga da tampa do mancal:* + 0,3/-0,0

NOTA:

- Alinhamento da bomba à laser, com alinhador marca *SKF*, modelo *TMEA 1P/2,5*.
- Conjunto girante (eixo, rotor, buchas e acoplamento) balanceado em 20/08/2012, conforme relatório em anexo.



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECÂNICA

- **Data de instalação do equipamento:** 23/08/2012
- **Data de falha dos rolamentos do equipamento:** 24/09/2012
- **Temperatura de trabalho:** -mancal dianteiro: 60,0 °C
-mancal traseiro: 64,0 °C
- **Vida útil dos rolamentos instalados:** 768 horas
- **Vida útil média dos rolamentos prevista:** 15.000 horas



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA
Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECAÂNICA

EQUILÍBRIO
SERVICE

Número da Ordem de Serviço : 0966
Número do coletor : 2002336
Número do sensor : 2209665

- SEMAE -
Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba.

RELATÓRIO PERIÓDICO DE MONITORAMENTO

24 / Setembro / 2012



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECAÂNICA



MANUAL DE INTERPRETAÇÃO

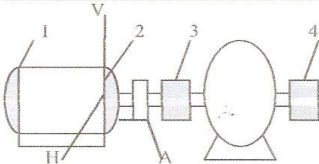
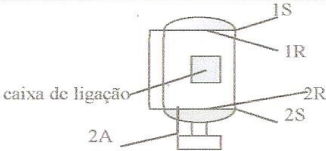
1. Introdução.

Nos próximos itens encontraremos explicações de como interpretar os nossos relatórios, assim tornando-o claro para o cliente os níveis, métodos e abreviações utilizadas de forma que nosso relacionamento seja regido pela mesma linguagem dentro do Sistema Integrado de Gestão da Manutenção Preditiva criado pela *Equilíbrio*.

Com objetivo de estreitar o relacionamento entre a *Equilíbrio* e o Cliente aumentando assim a confiabilidade do sistema implantado na fábrica em questão.

2. Localização dos Pontos de Medição.

Os pontos de medição são distribuídos no sentido da força atuante no equipamento como no exemplo abaixo de uma moto bomba o ponto um está localizado no mancal traseiro do motor e o ponto quatro fica no lado oposto ao acoplamento da bomba (LOA). Sempre que possível os pontos de medição são localizados nos mancais por serem locais que sofrem maiores esforços, são neles que as forças de excitação causadoras da vibração que ocorrem no rotor atuam. O quadro a seguir mostra a padronização dos pontos de medidas, abreviações para os campos "posição" e "direção". Como nos exemplos mais comuns de localização dos pontos de medição.

Mancais e Pontos de Medição			
Abreviações	Significado	Ponto de Medição	Observações
LA	Mancal do lado do acoplamento	2	Para motores elétricos
		3	Para cargas ou eixo de entrada de redutores. Neste último caso a numeração continua, mantendo-se deste lado os números ímpares .
LOA	Mancal do lado oposto ao acoplamento	1	Para motores elétricos
		4	Para cargas ou eixo de entrada de redutores. Neste último caso a numeração continua, mantendo-se deste lado os números pares .
H	Direção de medição horizontal		Para eixos na horizontal
V	Direção de medição vertical		
A	Direção de medição axial ao eixo		
HV	Direção de medição inclinada à 45°		
R	Direção radial passando pela caixa de ligação do motor		Para eixos na vertical
S	Direção radial perpendicular à R		
A	Direção de medição axial ao eixo		
Arranjos Possíveis			
			
Observação: em casos especiais por exigência do equipamento, os pontos de medição poderão não estar distribuídos da maneira acima demonstrada.			

3. Tipos de Medidas.

As medidas colhidas resumem-se da seguinte maneira:

- *valor global* (RMS) - Raiz Média Quadrática, ou valor eficaz da onda. Sendo extremamente sensível ao maior valor da excitação presente no sistema; porém um baixo valor de RMS muitas vezes não significa que o equipamento encontra-se normal.



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECAÂNICA



- *espectro de frequências*. Cada falha se manifesta de uma determinada maneira, ou seja, em uma determinada frequência. O espectro de frequências seja ele qual for desde que aplicado da maneira correta nos permite identificar a falha, e o item do equipamento que apresenta a falha.

Na tabela abaixo encontraremos a simbologia, nome de cada espectro de frequência e sua aplicação.

Símbolo	Espectro	Aplicação
as	Autoespectro (FFT)	Possibilitam identificar falhas do tipo desbalanceamento, desalinhamento, desequilíbrio magnético, orbital, engrenamento e outros.
es	Envelope	Desenvolvido principalmente para diagnosticar falhas em rolamentos.
% cpb	Espectro com largura de banda percentual constante	Pode ser 6%, 23% e 70%; conforme o tipo de equipamento medido. Permite visualizar uma ampla gama de frequências de 1 Hz a 20 KHz, num único espectro, com alta resolução nas baixas frequências e menor resolução nas altas frequências.
cep	Cepstrum	Desenvolvido principalmente para diagnosticar falhas em engrenamentos.
lp	Valor global tipo low pass	Nos diz se o sistema está vibrando pouco ou muito.
bp	Valor global tipo band pass	Permite controlar os níveis de uma determinada frequência.

4. Definição de Falha.

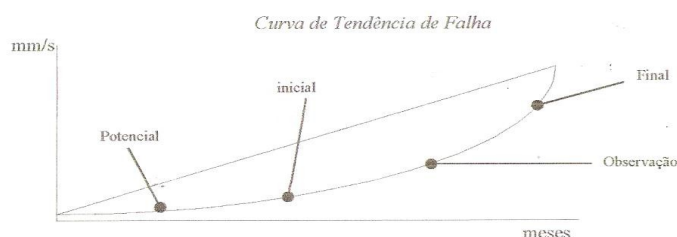
Os componentes mecânicos possuem três fenômenos básicos que integram entre si e são responsáveis pelo comportamento dinâmico: - Mola (rigidez ou flexibilidade), - Amortecedor (dissipação de energia) e - massa (inércia). Quando submetidos a forças constantes eles reagem com deslocamento, velocidade e aceleração constantes.

Cabe a interpretação da análise de vibrações, a definição de falha quando um destes elementos está presente no sistema com uma intensidade excessiva que o impossibilite de exercer as funções para as quais foi projetado, comprometendo a *confiabilidade* da operação ou mesmo causando riscos de danos ao meio ambiente como auto nível de ruído ou comprometa a qualidade do produto final.

4.1. Estágios de Desenvolvimento da Falha.

Toda máquina apresenta um determinado nível de ruído e vibração, devido à operação e excitações externas. Porém, uma parcela destas vibrações é causada por pequenos defeitos mecânicos, ou excitações secundárias perturbadoras, que atuam na qualidade do desempenho da máquina. Qualquer acréscimo de nível de vibração é um pequeno sinal de agravamento de um defeito, seja desbalanceamento, empenamento do eixo, rolamento gasto, etc.

A figura 1 apresenta o comportamento de desenvolvimento de uma falha



Assim, dentro dos conceitos de Manutenção Preditiva, classificou-se a falha das seguintes maneiras em função do tempo:

- *inicial*: quando a falha está presente, ou seja, foi diagnosticada, porém não oferece perigo iminente à operação do equipamento.



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECCÂNICA



- *observação*: quando a falha presente no equipamento encontra-se em desenvolvimento, porém não possui níveis que justifique uma intervenção o que permite que o equipamento continue operando até que a mesma alcance tais níveis.

- *crítica*: quando existe possibilidade de parada do equipamento devido à presença de um modo potencial de falha detectável pelo método empregado, como um rolamento danificado ou parafusos soltos. Ou ainda um desbalanceamento tão forte que esteja provocando a quebra de certos componentes do sistema.

- *“falha súbita”*. Neste caso a falha é ocasionada geralmente por um agente externo, ou seja, não houve desenvolvimento de falha. Geralmente ocorre uma quebra repentina do sistema ocasionada por falta de refrigeração de um mancal, o vazamento de óleo de um redutor, que irão provocar o travamento de um rolamento por exemplo.

4.2. Definição dos Níveis de Alarme.

Valores Globais (RMS):

Os valores toleráveis para RMS nas normas VDI-2056 ou ISO-10816 - Parte I são os mesmos e apresenta-se na tabela a seguir:

		Grupo K	Grupo M	Grupo G	Grupo T
VELOCIDADE RMS (mm/s)	18	Não Permitido (intervenção)	Não Permitido (intervenção)	Não Permitido (intervenção)	Não Permitido (intervenção)
	11.2				Tolerável (observação)
	7.1		Tolerável (observação)	Tolerável (observação)	Aceitável
	4.5				
	2.8	Tolerável (observação)	Aceitável	Aceitável	Bom
	1.8				
	1.12	Aceitável	Bom	Grandes máquinas em fundações de frequência natural menor que a rotação	Grandes máquinas com fundações de frequência natural menor que a rotação (ex. Turbinas)
	0.71				
		Bom Pequenas máquinas até 15 KW	Máquinas Médias 15- 75KW ou até 300 KW com fundações especiais.		

5. Modos Potenciais de Falha Detectáveis.

A análise de vibração está apta a detectar somente aquelas falhas que provoquem vibração na máquina, evidentemente. De uma maneira geral nos equipamentos monitorados estão sendo inspecionados os seguintes modos potenciais de falha, de acordo com os elementos que cada um possui:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a) desbalanceamento de massa; b) eixo torto; c) desalinhamento paralelo e angular; d) problemas elétricos em motores de indução: <ul style="list-style-type: none"> - folgas nas lâminas do estator; - barras do rotor quebradas; - desbalanceamento na tensão; - folgas no entreferro e - problemas em rolamentos. e) falhas em redutores de velocidade: <ul style="list-style-type: none"> - desgaste nos dentes; - engrenagens excêntricas e - defeitos de usinagem nas engrenagens; | <ul style="list-style-type: none"> f) folga em chavetas; <ul style="list-style-type: none"> - trincas na base, mancais e pedestais e - folgas no eixo. h) cavitação em máquinas hidráulicas; i) vibrações induzidas por fluxos; j) ressonâncias; k) transmissão por correia: <ul style="list-style-type: none"> - polias excêntricas ou desbalanceadas; - correias desiguais (gastas ou frouxas); - correias ou face da polia desalinhada e - ressonância da correia. l) falhas em rolamentos; m) falhas em mancais de deslizamento |
|---|--|



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA
Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECÂNICA

RELATÓRIO

Setor	Conjunto	Sub Conjunto	Falha	Relatório Nº
Estação Elevatória Unificada Paulicéia	Bomba 04	Motor		
		Bomba		
	Bomba 05	Motor		
		Bomba		
Estação Elevatória Paulicéia	Bomba 01	Motor		
		Bomba		
	Bomba 02	Motor		
		Bomba		
	Bomba 03	Motor		
		Bomba		
	Bomba 04	Motor		
		Bomba		
	Bomba 05	Motor		
		Bomba		
	Bomba 06	Motor	Fora de Operação	
		Bomba	Fora de Operação	
Estação Elevatória Balbo	Bomba 01	Motor		
		Bomba		
	Bomba 02	Motor		
		Bomba	Rolamento	0501
	Bomba 03	Motor		
	Bomba 04	Bomba		
		Motor		
	Bomba 05	Motor		

Rua Osvaldo João Hergert, 1041 – Jardim Santa Adélia Cep. 13.462-751 LIMEIRA / SP - Tel: (0xx19) 3495-0176



SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA
Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECCÂNICA

EQUILÍBRIO

Relatório de Intervenção

Data de Emissão: 24 / 09 / 2012 Relatório Número: 0501

Planta	Setor	Conjunto	Sub Conjunto	Cód.
SEMAE	Estação Elevatória Balbo	Moto Bomba	Bomba	002

IDENTIFICAÇÃO DA FALHA			
Elemento	Falha	Especificação	Posição
Rolamento	Gaiola	-	LA / LOA
Maior nível global (RMS) registrado		10,1 mm/s	direção 3V
Espectro da Falha		Tendência da Falha	

RECOMENDAÇÕES	
Ação	Período
Substituir rolamentos da bomba.	04 Semanas

Elaborado por: *Ruf*
Equilíbrio Service

Aprovado por: _____
Cliente

Relatório de Resultado de Intervenção

Data de Execução: _____ Referente Relatório Nº: 0501

A falha encontrada foi mesma identificada?	Sim <input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
A especificação do elemento em falha estava correta?	Sim <input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Foi executada somente a ação recomendada?	Sim <input checked="" type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Caso não, descreva:		
Realizado em 25/09/12		

Rua Oswaldo João Hergert, 1041 – Jardim Santa Adélia Cep. 13.482-751 LIMEIRA / SP - Tel: (0xx19) 3442-9641


SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PIRACICABA

Autarquia Municipal (Lei nº 1657 de 30 de abril de 1969)

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO ELETROMECCÂNICA

PROTOCOLO DE BALANCEAMENTO	Equilíbrio Service S/C Ltda.
HOFANN BAL-BR	
DATA: 20 / 08 / 2012, 08 :10 h	Pág. Nr. : 01

OP: 187

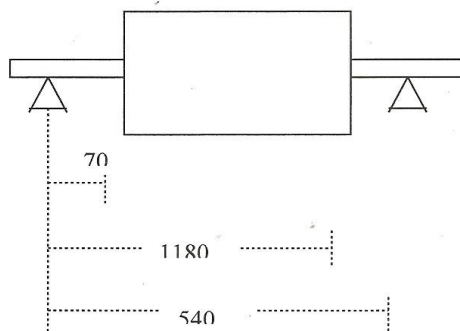
Grupo: Bomba

Rotor Bomba

Cliente:	Semae	Quantidade:	3,7	
Identificação:	Rotor de Bomba	Rot. Trab.	3600	rpm
Operador:	Fabricio	Peso do rotor:	35	kg
		Potência	75	CV

Raio: 45 mm

Raio: 100 mm



		P1 Esquerdo		P2 Direito	
	rpm	Desb.	graus	Desb.	graus
Inicial	450	20,2 g	120°	21 g	120°
Final	450	0,6 g	206°	0,6 g	322°
Tolerância		13,4 g		6,0 g	

Conferido por:

APROVADO