



Manual de
referência para
**técnicos e
vendedores**
análise de falhas
em rolamentos



MÜLLER

ROLAMENTOS • CORRENTES

Distribuidor Oficial

OBM[®]_{HP}

Moving on.

ANÁLISE DE FALHAS EM ROLAMENTOS

Principais tipos de falhas:

- Lubrificação (excesso, falta, contaminação e impurezas)
- Manuseio (queda, oxidação e contaminação)
- Montagem (torques, folgas, carga e montagem imprópria)
- Manutenção (regulagens periódicas e vistoria)
- Instalação (falta de ferramenta e incompatibilidade)
- Erro de aplicação (sobrecarga e escolha errada)
- Contrapeças desgastadas (folga e deslizamento)

Consequências:

- Desgaste prematuro e redução da vida útil do rolamento
- Prejudica sensivelmente todos os outros componentes devido à perda das regulagens e ajustes

FALHAS RELATIVAS À LUBRIFICAÇÃO E MANUSEIO

Situações possíveis

- Excesso
- Falta
- Contaminação
- Impurezas
- Mistura de formulações
- Formulação não recomendada
- Tempo de troca
- Quedas
- Oxidação

Lubrificante incorreto ou mistura de marcas de óleo:

(excesso de pré-carga pode causar dano semelhante ao causado por falha de lubrificação):



1
Escoriações nas extremidades dos rolos: Contato de metal. Mistura de viscosidades ou marcas de lubrificantes geram incompatibilidade de aditivos, perdendo suas funções básicas.



2
Deformação no encosto maior do cone: Falha de material devido ao superaquecimento que dispersa os aditivos, prejudicando suas funções básicas.



3
Travamento total do rolamento: Inclinação e deslizamento lateral dos rolos provocam “engripamento” total do conjunto.



4
Escoriações no encosto maior do cone: “Empastamento” e falha por superaquecimento devido ao contato metal com metal.

Lubrificante contaminado (Partículas Estranhas):



1
Desgaste Abrasivo: Contaminação por pó abrasivo.



2
Escoriações: Fragmentos de metal de outros componentes, vedação inadequada e manutenção deficiente, facilitam a contaminação por sujeira externa e água.



3
Ranhuras: Estilhaços maiores se alojam no material flexível do porta-rolos.

Lubrificante inadequado (Nível e aquecimento):

Processo causado por cargas excepcionalmente severas, apresentando temperaturas elevadas. Mudança de coloração de toda a pista, em razão da falta de lubrificação adequada.



1
Desgaste no conjunto: Lubrificação insuficiente ou contaminada, causando aquecimento exagerado devido a vazamentos nos vedadores ou entupimento do respiro do eixo.



2
Deformação:

- Desgaste irregular localizado e/ou provocado por excesso de carga, trabalhando de forma irregular.
- Indicação de mudança de coloração até fundir.

(Etching) Estampagem Química (Corrosão/oxidação/fadiga de Superfície):



1
Oxidação: Corrosão causada por umidade ou água, formando pequenas cavidades e provocando desgastes nas capas, cones e extremidades dos roletes dos rolamentos.



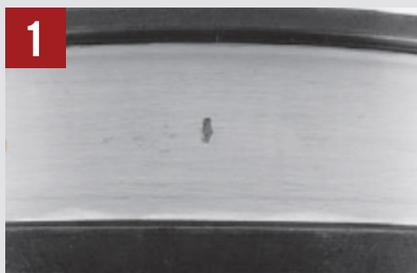
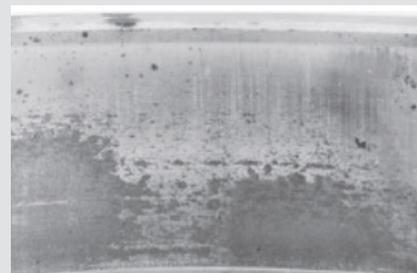
2
Manchas: Manchas superficiais, sem corrosão significativa associada à umidade e deslizamento forçado, gerando travamento por falta de contato de trabalho.



3
Linhas de descascamento (estampagem química): Linhas de descascamento espaçadas pelos rolos, em rolamentos mantidos em serviços após falha por corrosão.

SPALLING (Descascamento por contaminação ou fadiga de superfície)

Pode iniciar com (*Pitting*) micro descascamento devido à espessura fina do lubrificante associada a altas cargas/baixa rotação ou temperaturas elevadas. Lubrificante contaminado ou vencido, causando fadiga de superfície (Foto ao lado). Com o passar do tempo, os descascamentos aumentam, terminando com lascas ou descamação das superfícies metálicas.



Inclusões não metálicas:

Descascamento causado por substâncias oxidantes ou outras impurezas do aço que contaminam o lubrificante especificado ou não, ou componentes desgastados causado pela sobrevida.



Concentração Geométrica de Tensão:

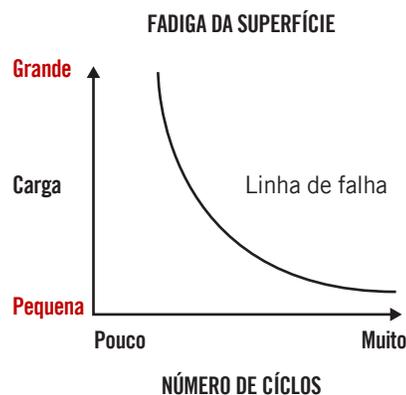
Descascamento por desalinhamento, deflexões ou cargas elevadas.



Trinca Superficial:

Descascamento causado por estilhaços ou levantamento de metal na película do lubrificante.

FRETTING (Abrasão ou atrito)



- Falta de lubrificante, contaminação por elementos externos ou mistura de marcas.
- Lubrificante errado e grande cargas com baixa velocidade iniciam uma fadiga de superfície.
- É um tipo semelhante de escoriação (transferência de metal), provocando um desgaste prematuro e a falha nas superfícies planas sobre os rolos e riscos de atrito sobre o resto do conjunto.

BRUISING (Amassamento (sulcamento ou depressão) de superfície por contaminantes):



Desgaste Abrasivo e deformação:

Contaminação por lascas ou partículas de sujeira que circulam no lubrificante e ficam presas entre o cone, roletes e a capa. (Fadiga de superfície)

Danos:

Fragmentos de metal de outros componentes, vedação inadequada e manutenção deficiente, cria um sulcamento, ou depressão na superfície metálica.

GALLING (Escoriação/Transferência de metal):



Película de óleo:

- Falta de lubrificante, contaminação por elementos externos ou mistura de marcas, ou lubrificante errado.
- Transferência de metal, pois a película não se forma entre as superfícies metálicas.



Sobrecarga

Formação de pontos de trincas ou lascas nas peças devido a carga excessiva sobre o rolamento causando fadiga de superfície.



Montagem inadequada

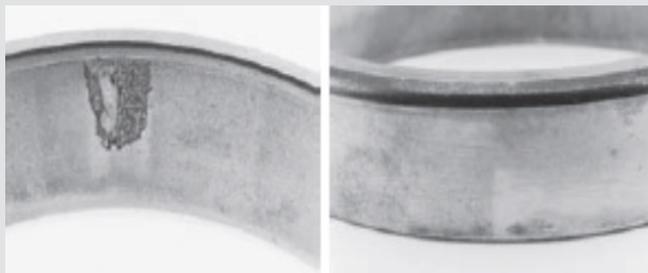
Fraturas em componentes.

FALHAS RELATIVAS À MANUTENÇÃO E MONTAGEM

Situações possíveis

- Regulagens periódicas
- Falta de ferramental
- Vistorias regulares
- Incompatibilidade de processo
- Torques
- Folgas
- Excesso de carga
- Montagem fora do padrão

Inspeção e Montagem (Ressaltos em Assentos de capas):



Descascamento localizado na pista da capa devido ao acúmulo de tensão criado por ressaltos no alojamento. Pré-carga excessiva nos rolamentos devido aplicação errada do veículo ou montagem.

Inspeção e Montagem (Falhas de Porta-Rolos):



Deformação do porta-rolos: Instalação incorreta ou dano devido à queda.



Travamento e inclinação dos rolos: Compressão do anel do porta-rolos na instalação ou interferência durante o funcionamento, ocasionando derrapagem (SKIDDING) por montagem errada ou desalinhada, folga ou pré-carga fora dos padrões.

Inspeção e Montagem (Desalinhamento):



Irregularidade na pista do rolamento devido à deflexão, usinagem defeituosa, desgaste dos assentos dos rolamentos ou montagem desalinhada, concentrando a carga mais dos lados do rolamento. Podem estar descasados, lotes e marcas diferentes.

Inspeção e Montagem (Descascamento) Pitting:



Operação ou lubrificante inadequados e falta de manutenção periódica, iniciam erosões por microdescascamento devido à espessura fina do lubrificante, associada a altas cargas / baixa rotação ou temperaturas elevadas, que propagará a erosão gerando fragmentos metálicos, contaminando o óleo, alterando os ajustes dos rolamentos e causando fadiga de superfície.

Inspeção e Montagem (Trinca de montagem):



1

Excesso de carga

- Na prensa ou outro tipo de ferramenta.
- Pequenas trincas provocadas por quedas, montagem sem ferramentas ou falta de treinamento.



2

Falta de treinamento ou montagem inadequada Formação de pontos de trincas ou lascas nas peças devido a montagem sem ferramentas adequadas.



3

Fraturas em componentes

Montagem inadequada e/ou falta de ferramentas adequadas ou recomendadas.

Manutenção incorreta (Soldas e Corrente Elétrica):



Cavidade criada por centelha elétrica

- Pequenas queimas em rolamento estacionário provocadas por centelhas elétricas quando a conexão de terra é malfeita.
- Manutenção através de solda em alguma região do eixo.



Estrias

Formação axial de pequenos focos de queimas devido à passagem de corrente elétrica através do rolamento em funcionamento.

Manutenção incorreta (Choques e batidas):



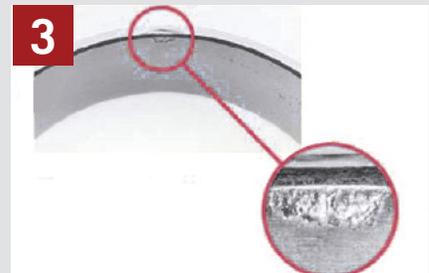
Batidas espaçadas pelos rolos:

Levantamento de metal nas pistas devido ao contato com extremidades dos rolos.



Entalhe / batida nos rolos:

- Dano causado por manuseio incorreto ou instalação malfeita.
- Falta de ferramentas adequadas.



Entalhe na face da capa:

Entalhe causado por ferramenta de montagem temperada.

FALHAS RELATIVAS À VOCAÇÃO E DESGASTE

Situações possíveis

- Erro de aplicação
- Sobrecarga
- Vocação errada
- Contrapeças desgastadas
- Folga
- Deslizamento

Substituição em Montagem (Instalação incorreta):



1 **Dano no furo do cone:**

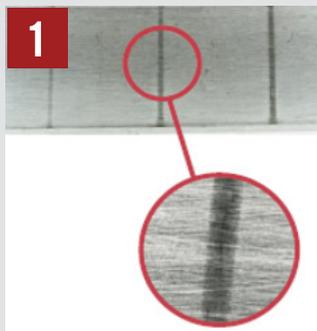
- Fraturas no cone devido a eixo excêntrico e acima da medida.
- Contrapeça desgastada, ocasionando folga excessiva.



2 **Capa folgada:**

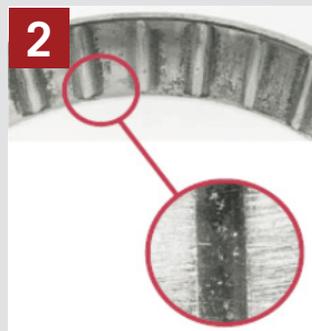
- Instalação com folga em cubo de roda rotativo, a capa gira em falso.
- Contrapeça desgastada, ovalizada, ocasionando folga excessiva.

BRINELLING:



1 **Verdadeiro Brinell:**

Sulcamento: Dano provocado por impacto ou choque, juntamente com a sobrecarga que quebra o filme do lubrificante. Os sulcos são sentidos ao passar o dedo.



2 **Falso Brinell:**

Desgaste: causado por vibrações ou movimento axial entre os rolos e as pistas. Montagem errada, com calços inadequados. Os sulcos não são sentidos ao passar o dedo.

CAUSAS COMUNS DE FALHAS EM COMPONENTES

CAUSAS	DANO OU DESGASTE QUE PODE OCORRER
O veículo é operado fora dos limites de aplicação aprovados ou capacidades.	Fratura por fadiga, escoriações, descamação, carga de choque, superaquecimento do lubrificante.
O veículo foi modificado em relação à configuração original sem aprovação.	Fratura por fadiga, escoriações, descamação, carga de choque, superaquecimento do lubrificante.
O condutor opera no veículo incorretamente ou abusivamente.	Fratura por fadiga, carga de choque, superaquecimento do lubrificante.
O condutor manobra a ré para engatar um reboque com força excessiva.	Fratura por fadiga, carga de choque.
O condutor erra o deslocamento	Fratura por fadiga, carga de choque.
O condutor acelera o motor e rapidamente libera a embreagem.	Fratura por fadiga, carga de choque.
O condutor bloqueia o diferencial entre eixos do tandem quando as rodas estão patinando	Carga de choque.
O condutor embala excessivamente o veículo (esticar o motor).	Fratura por fadiga, carga de choque.
O veículo trabalha com pneus descasados, reduções dos eixos em tandem descasadas ou ambas.	Patinação, escoriações, superaquecimento do lubrificante.
O componente tem lubrificação insuficiente ou o lubrificante que está sendo usado é incorreto.	Fratura fadiga, escoriações (pé de corvo), erosão, superaquecimento do lubrificante.
O lubrificante está contaminado	Erosão, estampagem química, descamação superaquecimento do lubrificante.

DICAS DE ENGENHARIA PARA GARANTIR VIDA LONGA

Função mecânica e engenharia

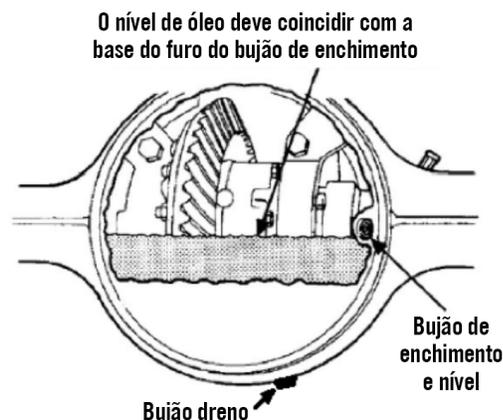
- É uma peça essencial para o funcionamento eficiente de máquinas e equipamentos industriais.
- Dada sua importância, o item tem como características a resistência a altas cargas, ser confiável e possuir uma longa vida útil.
- Necessitam de lubrificação PERMANENTE.
- Seu tratamento térmico pode ser por meio de decomposição de carbono ou simplesmente temperado e revenido.
- Rolagem de baixo atrito com apertadas tolerâncias geométricas de modo a proporcionar uma distribuição adequada da carga, o que contribui para a diminuição da vibração e do ruído.
- Sua montagem deve ser controlada por meio de prensa (pressão uniforme nas pistas) ou aquecido por indutor ou mergulhado em óleo de diferencial, no máximo a uma temperatura de 100°C.
- Nunca monte a MARTELADAS, use as ferramentas corretas indicadas nos manuais.

Ajustes importantes

- Permite ainda o ajuste em seu período de amaciamento de maneira a diminuir o atrito, o calor e o desgaste. Regulagem obrigatória.
- Podem ser ajustados com ou sem pré-carga, dependendo da sua aplicação.
- No caso de cubos de rodas dianteiros e traseiros, os rolamentos são acondicionados de maneira que ao final da montagem, os mesmos devem possuir uma folga especificada em manual, para após a aplicação da carga de trabalho sobre o cubo de roda, os rolamentos trabalhem para garantir a força axial e radial dentro do especificado.
- No caso dos rolamentos internos dos diferenciais, sejam os rolamentos do pinhão quanto os rolamentos das caixas de satélites, os mesmos devem trabalhar com uma pré-carga estabelecida em manual, designada em projeto, pois os mesmos irão se assentar durante os primeiros quilômetros de rodagem.
- Espaçadores ou anéis de ajustes serão necessários para o perfeito ajuste de pré-carga, mantendo as características do projeto, e devem ser trocados e calculados sempre.

Análise de partículas metálicas no lubrificante através dos bujões magnéticos

Durante os procedimentos de manutenção e verificação do óleo é normal encontrar-se partículas finas de metal que aderiram ao bujão magnético de enchimento/nível e de drenagem, geradas sob condições normais de funcionamento. Estes ímãs atraem as partículas para evitar que elas passem através das engrenagens ou rolamentos. No entanto, as partículas de metal maiores que aderiram aos bujões, tais como dentes de engrenagens, fragmentos de rolamentos, fragmentos de arruela, não são uma condição normal. É importante ser capaz de identificar as diferenças entre as partículas metálicas finas e de grande tamanho para determinar o que ocorreu e quais as reparações podem ser necessários para evitar danos nos componentes.



Remoção e Inspeção dos Bujões de Enchimento/Nível e Drenagem.

Retire os bujões magnéticos de enchimento/nível e dreno e inspecione as partículas de metal que aderiram aos mesmos. Use a Guia de Análise nesta publicação para determinar se as partículas de metal que você encontra são muito finas (uma condição normal) ou maiores (uma condição que não é normal).

Lubrificante contaminado (Partículas Estranhas):



Partículas de Metal Finas: As partículas finas de metal presas ao bujão magnético na figura ao lado são normais. Os componentes internos podem lançar partículas de desgaste de metal finas em uma taxa constante, especialmente durante o período de amaciamento. Além dos bujões magnéticos, eixos também estão equipados com quatro a seis ímãs para capturar detritos gerados durante intervalos estendidos de manutenção e troca do lubrificante utilizados hoje em dia e informados no manual do veículo.

Fragmentos Arruela de Encosto



A perda de um fragmento da arruela de encosto não é prejudicial para o funcionamento do eixo e não requer a desmontagem, inspeção e substituição da arruela. Se você está preocupado com fragmentos adicionais ou danos aos componentes, realize uma análise da amostra de óleo. Se o teor de ferro da amostra está acima de 1000 partes por milhão (ppm), inspecione e repare o diferencial, se necessário. A figura ao lado mostra fragmentos da arruela de encosto do planetário do diferencial principal.

Fragmentos de Metal grosseiros



A figura ao lado mostra fragmentos de metal que são remanescentes do processo de usinagem de carcaça. Os fragmentos de metal aderem aos magnetos e não são prejudiciais para o funcionamento do eixo. Não é necessário realizar mais inspeções ou retirar o diferencial para limpeza.

Fragmentos de Rolamento e de Dentes de Engrenagem



As figuras ao lado mostram fragmentos de rolamento e de dentes de engrenagem. Ambos indicam um problema significativo que pode resultar em danos aos componentes. Remover imediatamente o diferencial, inspecioná-lo, e fazer reparos necessários, limpando todo o conjunto e componentes do eixo.

Lubrificação

- Os rolamentos necessitam de um lubrificante adequado para seu funcionamento.
- Nos diferenciais deve ser utilizado o óleo de diferencial, Mineral API GL-5 SAE 85W-140 EP ou Sintético API GL-5 SAE 75W-90 EP.
- Nos eixos dianteiros e alguns 3º eixos deve ser usada graxa NLGI-grade 2 – base Lítio.
- A película formada pelo óleo entre os rolos cônicos e as pistas do cone e capa devem garantir que os mesmos trabalhem sem o contato metal-metal.
- Para isto, é essencial o uso corretos do óleo e graxa, em relação produto indicado, ao nível, e a contaminação.
- A graxa deve ser de boa qualidade para garantir o perfeito funcionamento dos rolamentos e do vedador.
- Retirar amostras frequentemente do óleo para análise das condições do lubrificante, conforme mostrado abaixo e na tabela de análise de óleo (ppm) e veja a periodicidade no manual de trocas recomendável.

Condição do lubrificante



Amostras 1 e 2: Vermelho e Marrom Dourado: mostram a aparência típica de novos óleos minerais ou sintéticos API-GL-5 EP que atendem a especificação.

Amostra 3: Preta: é óleo usado com o tempo e quilometragem significativa. A cor mudar do vermelho ou castanho dourado para preto é o resultado de um processo químico normal quando ocorre degradação do pacote de aditivos do óleo. Não indica necessariamente que a vida útil do óleo foi esgotada, mas é necessário um análise de lubrificação para verificar se o óleo ainda pode ser usado no diferencial.

Amostra 4: Castanho leitoso - indica que o óleo esta contaminado com umidade significativa acima do permissível pela especificação de $> 0,3\%$. Pode ser contaminação por desgastes de componentes e falta de aditivos por lubrificante vencido ou misturado, no caso completado. Substituir o óleo imediatamente e pesquisar a causa da falha e como a umidade entrou no conjunto e considerar a extensão dos respiros caso necessário.

Amostra 5 - Cobre (Exemplo não Mostrado): Indica que a arruela de encosto da engrenagem helicoidal motora pode ter se desintegrado. Tenha cuidado quando você avaliar o óleo, com uma cor de cobre que pode ser confundida com a cor normal de alguns óleos. Faça uma análise do lubrificante para determinar a quantidade de cobre no lubrificante antes de realizar uma inspeção física.

- Se o nível do cobre estiver acima de 600 ppm retire o conjunto do eixo de entrada e inspecione e/ou troque a arruela de encosto da engrenagem helicoidal e o óleo.
- Se o nível de cobre é de 600 ppm ou abaixo você pode continuar usando o mesmo óleo.

TABELA B: ANÁLISE DE ÓLEO USADO (PPM = PARTES POR MILHÃO)

Ferro (Fe)	Se o nível for 1000-1500 ppm, refaça a amostragem do óleo. Se refazendo a amostragem indicar que o nível de ferro está acima de 1000 ppm, drenar e substituir o óleo.
Silício (Si)	Se o nível for maior que 100 ppm, drene e substitua o óleo
Água (H ₂ O)	Se o nível é maior que 0,3%, drene e substitua o óleo
Fósforo (P)	Se o nível for inferior a 900 ppm, é possível que o óleo não seja de engrenagem GL-5. Contate o fabricante do lubrificante ou Engenharia de Materiais para determinar o nível de fósforo esperado de uma nova amostra de óleo. Somente óleos para engrenagens tipo GL-5 são aprovados para uso em diferenciais.
Tolueno Insolúvel	Se o nível é maior que 0.100 wt% drene e substitua o óleo.

Recomendações de intervalo de troca

VOCAÇÃO/ REQUISITOS		ÓLEO LUBRIFICANTE (1)	CAMINHÕES ESTRADEIROS/ RODOVIÁRIOS/ MOTORHOMES/ ÔNIBUS RODOVIÁRIO	CAMINHÃO DE BEBIDAS/ FUEIRO/ SOCORRO/ ENTREGA URBANA/ BOMBEIRO/ UTILITÁRIO/ FURGÃO COMERCIAL/ ÔNIBUS ESCOLAR	CAMINHÃO DE CONSTRUÇÃO/ ENTULHO/ LIXO/ MADEIRA/ PETRÓLEO/ RESGATE/ ÔNIBUS URBANO
Troca de óleo inicial (2)	Sem magnetos (imãs) colados internamente	Mineral 85W140	No período inicial (amaciamento), efetue a troca de óleo entre 5.000 a 10.000 km. Essa troca inicial é recomendada para garantir a remoção de partículas metálicas, normalmente desprendidas em maior quantidade durante este período. (2)		Nota: Idem a informação ao lado, porém para estas vocações, efetue a troca de óleo do diferencial entre 2.500 a 5.000 km. (2)
		Sintético 75W90			
Variação do nível do óleo e inspeção dos bujões de nível e dreno. (3)		Mineral 85W140	A cada 30.000 km ou no intervalo de manutenção da frota, o que ocorrer primeiro.	A cada 16.000 km, ou uma vez ao mês, ou no intervalo de manutenção da frota, o que ocorrer primeiro.	A cada 8.000 km ou uma vez ao mês, o que ocorrer primeiro.
		Sintético 75W90			
Intervalo de troca de óleo (5)		Mineral 85W140	120.000 km ou 1 ano, o que ocorrer primeiro.	80.000 km ou 1 ano, o que ocorrer primeiro.	40.000 km ou 1 ano, o que ocorrer primeiro. Nota: Lixeiro -24.000km
		Sintético 75W90	24.000 km ou 3 anos, o que ocorrer primeiro.	200.000 km ou 1 ano, o que ocorrer primeiro.	120.000 km ou 2 anos, o que ocorrer primeiro. Nota: Lixeiro -70.000km

(1) Utilizar somente óleos para diferenciais (mineral ou sintético).

(2) Para eixos traseiros com magnetos (imãs) colados internamente na carcaça, não é necessária a troca de óleo inicial e sim manter os intervalos descritos na tabela e suas vocações

(3) Caso necessite completar o nível de óleo, utilize sempre o mesmo tipo de óleo especificado pela Meritor.

(4) Para veículos pesados com operações de ciclo contínuo, verificar o nível a cada 1.600 km.

(5) Para veículos com sistema de filtragem, trocar o filtro a cada 160.000 km

DICAS DE ENGENHARIA PARA GARANTIR VIDA LONGA

MODELO DO EIXO	TIPO DE DIFERENCIAL	QUANTIDADE DE ÓLEO APROXIMADO (LITROS) (*)
MS-113	Simplex velocidade 4x2/ 6x2/ 8x2	7
MS-120/ MS-124		9
MS-145/ MS-147/ MS 14X		14
MS-155/ MS-158		21
MS-160/ MS-165/ MS-168		21
MS-185		22
MS-610		17+6 (nos 2 cubos)
EV-91		12
U-180		22
MS-11X		7
MS-17X		13
MS-18X		18
MS-225		Dupla velocidade 4x2/ 6x2/ 8x2
MS-235	20	
MS-245/ MS-248	18	
MD-145/ MD-14X	Traçado 6x4/ 8x4	11
MR-145/ MR-14X		11
MD-150		20
MR-150		14
MD-165/ MD-168		19
MR-165/ MR-168		19
MD-610		20+6 (nos 2 cubos)
MR-610		17+6 (nos 2 cubos)

(*) Verificar sempre o manual técnico do veículo

Segurança e garantia

- Nunca gire um rolamento com ar comprimido, pois os rolos podem ser expulsos do porta-rolos e causar acidente com sérias consequências.
- O manuseio e a manutenção corretas dos rolamentos são de grande importância. A não observância das instruções de montagem (manuais), ajustes e folgas, ferramentas adequadas e lubrificação correta dos rolamentos, podem causar falhas do equipamento, perda da garantia e um grave risco de acidente ao mecânico e ao veículo.
- O uso de martelo e barra de aço doce na desmontagem de rolamento exige cuidados especiais, pois os estilhaços dessas ferramentas ou do rolamento podem causar sérios acidentes, principalmente se atingirem os olhos.
- Nunca aproveite partes usadas do conjunto do rolamento em rolamentos novos, isso acarreta perda prematura e garantia.
- Nunca use partes novas do conjunto do rolamento de fabricantes diferentes e/ou lotes diferentes, isso prejudica o ajuste e desgaste prematuro.



MÜLLER

ROLAMENTOS • CORRENTES

OBM[®]_{HP}

Moving on.

SP 11 5430.6700 • PR 41 2102.6700 • RS 51 2102.6700 • SAC 0800 000 6700

 mullercomercial.com.br  sac@mullercomercial.com.br  @muller.comercial

 @mullercomercialeindustrial  Müller Comercial e Industrial LTDA