



GUIA TÉCNICO

Pistão e Camisa do Motor de Caminhão: Falha, Troca e Manutenção

Guia técnico VADEN de pistão e camisa em motores diesel de caminhões: sintomas de falha, medição da saliência, escolha do calço e troca passo a passo.

Quando começa a sair fumaça azul pelo escapamento, quando o nível de óleo cai visivelmente entre duas revisões ou quando surge um "sopro" forte pela respiro do cárter, a primeira coisa que vem à cabeça do mecânico é o trio pistão-anéis-camisa. No veículo comercial pesado, esse trio é a região do motor que mais sofre carga e cuja reparação é a mais cara; por isso a decisão de "trocar as camisas" deve ser tomada com medição correta, e a medição deve ser feita na ordem correta. Este guia aborda, na linguagem do dia a dia da oficina, o tema de pistão, camisa e calço de saliência da camisa (arruela de ajuste) em motores diesel pesados com camisa úmida: como se identifica a falha, qual medida se tira em que ponto, como se escolhe o calço e quais erros de montagem obrigam a desmontar o motor uma segunda vez.

Nota E-E-A-T: Este documento foi preparado pela equipe técnica da VADEN, que trabalha com motores e sistemas de ar comprimido de veículos comerciais pesados. Os valores numéricos aqui apresentados são faixas de referência gerais; para **valores exatos como saliência da camisa, saliência do pistão, folga de pontas dos anéis, folga pistão-camisa e valores de torque/ângulo deve-se sempre tomar como base o manual de serviço OE atualizado do fabricante do motor. Última atualização: setembro de 2026.**

O dimensionamento dos componentes baseia-se na família de normas internacionais pertinente (ISO/EN/DIN/SAE) e na especificação OE do fabricante.

O que são o Pistão e a Camisa do Motor? Função e Princípio de Funcionamento

O conjunto pistão e camisa do motor é o grupo mecânico formado pela camisa (liner), que constitui a superfície do cilindro dentro da qual o pistão se desloca, pelo pistão, que transmite a pressão de combustão ao virabrequim através da biela, e pelo calço (arruela de ajuste), que regula a altura de assentamento da camisa sobre o bloco — em conjunto, esses componentes garantem a compressão e a geração de potência do motor.

O princípio de funcionamento parece simples, mas as tolerâncias são severas. Enquanto se move dezenas de vezes por segundo para cima e para baixo dentro da camisa, o pistão cumpre três funções ao mesmo tempo: manter a câmara de combustão estanque, converter a pressão de combustão em movimento mecânico e transferir boa parte do calor acumulado em sua coroa para a camisa através dos anéis e, dali, para o líquido de arrefecimento. Já a camisa é a superfície substituível que suporta essa carga de atrito e calor e que, ao se desgastar, se sacrifica no lugar do bloco. Em veículos comerciais pesados é comum a camisa úmida (aquela em contato direto com o líquido de arrefecimento); graças a ela, o motor pode ser recuperado após centenas de milhares de quilômetros sem trocar o bloco.

O calço, por sua vez, é a peça que muitos subestimam mas que, na prática, determina o destino do serviço. O quanto o flange da camisa fica acima da face do bloco (saliência da camisa / liner protrusion) determina o quanto a junta do cabeçote será comprimida. Se a saliência for insuficiente, a junta não é comprimida o bastante e o gás de combustão passa para a água; se for excessiva, o flange da camisa trinca ou a junta é esmagada. O calço é a fina arruela de aço colocada sob o flange da camisa para ajustar essa saliência com precisão de centésimos de milímetro.

- **Pistão:** Em liga de alumínio ou, em motores de serviço severo, com corpo em aço/composto; possui na coroa a câmara de combustão (bowl) e, no corpo, as canaletas dos anéis e o alojamento do pino.
- **Jogo de anéis:** Em geral dois anéis de compressão (o primeiro na maioria das vezes do tipo trapezoidal/keystone) e um anel raspador de óleo; a vedação e o controle de óleo estão aqui.
- **Pino do pistão e travas:** O pino temperado que liga o pistão à biela e os anéis de segurança.
- **Camisa (liner):** Em ferro fundido cinzento por fundição centrífuga ou nitretada; superfície interna brunida, flange superior assenta sobre o bloco.
- **O-rings / jogo de vedação da camisa:** Nas camisas úmidas, os elementos de vedação inferiores que separam a câmara de água do cárter.
- **Calço (arruela de ajuste):** Arruela fina, produzida em escalões a partir de 0,05 mm, que faz o ajuste da saliência.

Diferença entre camisa úmida, camisa seca e bloco sem camisa

Na camisa úmida, o líquido de arrefecimento toca diretamente a superfície externa da camisa; é a solução com a melhor transferência de calor e a maior facilidade de serviço, sendo preferida na maioria dos diesel comerciais pesados. Em contrapartida, a vedação por O-ring na região inferior torna-se crítica. A camisa seca assenta com interferência no alojamento do bloco e não tem contato com a água; costuma ser vista em aplicações de reparo ou em veículos comerciais leves. Já nos blocos sem camisa (parent bore), a superfície do cilindro é o próprio material do bloco; quando se desgasta, o bloco é usinado e utiliza-se pistão de sobremedida (oversize), o que exige capacidade de oficina.

O papel dos anéis: vedação ou controle de óleo?

O primeiro anel de compressão retém a maior parte da pressão de combustão; a pressão entra por trás do anel e o empurra contra a camisa, reforçando por si mesma a vedação. O segundo anel gerencia tanto a pressão residual quanto o óleo que sobe. Já o anel raspador devolve ao cárter o excesso de óleo da parede da camisa e deixa atrás de si apenas um filme de lubrificação de poucos microns de espessura. Boa parte das reclamações de consumo de óleo é problema desse terceiro anel ou da canaleta em que ele se aloja; nem todo consumo de óleo significa diretamente "a camisa acabou".

Por que existe o calço? A lógica da saliência da camisa

Quando o cabeçote é torquado, a junta é comprimida entre a face do bloco e o cabeçote. Se o flange da camisa ficar alguns centésimos de milímetro acima da face do bloco, a junta recebe a maior pressão superficial exatamente ao redor da boca da camisa e o gás de combustão não consegue vencer essa barreira. Essa altura varia conforme o tipo de motor e é influenciada pela tolerância acumulada do trio camisa, alojamento do bloco e junta. O calço existe para compensar essa tolerância; usar arruelas, anilhas ou pedaços de chapa de espessura arbitrária resulta diretamente em queima da junta.

Saliência do pistão (piston protrusion) e escolha da espessura da junta

Existe uma segunda medida, confundida com a saliência da camisa mas independente dela: a **saliência do pistão**. Com o pistão levado ao ponto morto superior (PMS), mede-se o quanto a

coroa do pistão sobressai da face superior do bloco. Em muitos motores diesel comerciais pesados, **a espessura da junta do cabeçote é escolhida por escalões em função dessa saliência do pistão**; o fabricante normalmente oferece duas ou três classes de espessura (na maioria das vezes identificadas pelo número de furos/entalhes na borda da junta ou por código de cor) e monta-se a classe correspondente à faixa em que a saliência medida se enquadra.

A lógica é a seguinte: a saliência do pistão determina o espaço remanescente entre a coroa do pistão e a face do cabeçote no PMS (squish/deck clearance) e, portanto, a taxa de compressão efetiva. Se for montada uma junta fina em um motor com saliência grande, a distância de segurança entre o pistão e o cabeçote/válvulas diminui perigosamente; se for montada uma junta grossa em uma saliência pequena, a taxa de compressão cai, a partida a frio fica difícil e o comportamento de emissões se deteriora. Por isso, sempre que houver alteração do lado do pistão, da biela, da camisa ou do bloco, a classe da junta deve ser verificada novamente.

A prática de medição, resumidamente, é esta: em cada cilindro o pistão é levado ao PMS, o relógio comparador é zerado na face superior do bloco e são feitas leituras na coroa do pistão em dois pontos perpendiculares ao eixo do pino (ou nos pontos de medição indicados pelo fabricante); a média das leituras é a saliência daquele cilindro. Para o motor como um todo, geralmente o valor mais alto é determinante e uma única classe de junta é usada em todos os cilindros. Nos diesel comerciais pesados, os valores típicos de saliência do pistão situam-se, grosso modo, em uma faixa estreita entre alguns centésimos e alguns décimos de milímetro; **os limites dos escalões e a tabela de classes de junta são inteiramente específicos de cada família de motor e devem obrigatoriamente ser consultados no manual de serviço OE**. Ao adquirir o produto "pistão + camisa + calço", não se esqueça de que essas duas medidas de saliência são feitas separadamente: *o calço atende à saliência da camisa*, enquanto *a classe da junta atende à saliência do pistão*; um não substitui o outro.

Medida	O que ajusta?	Elemento de ajuste
Saliência da camisa (liner protrusion)	Pressão superficial sobre a junta, estanqueidade aos gases	Calço (arruela de ajuste) colocado sob o flange da camisa
Saliência do pistão (piston protrusion)	Folga pistão-cabeçote no PMS, taxa de compressão efetiva	Espessura escalonada da junta do cabeçote (escolha da classe)

Família de motor (aplicação)	Tipo de camisa típico	Diâmetro de cilindro aproximado	Nota de serviço
Tipo Mercedes-Benz OM 457 / OM 460 (Actros, Travego, Turismo)	Camisa úmida, com flange	≈ classe 128 mm	A saliência é ajustada com calço; recomenda-se a troca de pistão+camisa+anéis em conjunto.
Tipo Mercedes-Benz OM 906 (Atego, Axor, ônibus)	Camisa úmida	≈ classe 102 mm	Segmento intermediário; o jogo de O-rings inferiores da camisa deve ser sempre renovado.
Tipo Mercedes-Benz OM 926 (Atego, Axor, ônibus)	Camisa úmida	≈ classe 106 mm	Não tem o mesmo diâmetro do OM 906; confirme o diâmetro pelo número do motor antes de pedir.

Família de motor (aplicação)	Tipo de camisa típico	Diâmetro de cilindro aproximado	Nota de serviço
Tipo MAN D20 / D26 (TGA, TGX, TGS)	Camisa úmida	≈ classe 120–126 mm	A limpeza da canaleta dos O-rings inferiores e do alojamento no bloco é crítica.
Tipo DAF MX (XF, CF)	Camisa úmida	≈ classe 130 mm	Alta pressão de combustão; atenção à tolerância de diferença de saliência.
Tipo Volvo / Renault série D (FH, FM, Premium)	Camisa úmida	≈ classe 131 mm	Os esguichos de óleo de refrigeração do pistão devem ser verificados.
Tipo Iveco Cursor (Stralis, S-Way)	Camisa úmida	≈ classe 125–135 mm	Parafusos do cabeçote com aperto angular; podem ser de uso único.

Verificação do número da peça: As informações de diâmetro e tipo acima têm caráter orientativo. Dentro de uma mesma família de motor podem ser utilizados coroa de pistão diferente, altura de anel diferente e espessura de flange de camisa diferente conforme o nível de emissões (Euro 3/4/5/6), o ano de produção e a configuração de turbo/EGR. Motores com nomes parecidos (por exemplo OM 906 e OM 926) não têm o mesmo diâmetro de cilindro. Antes de encomendar, faça a verificação pelo **número do motor e pelo número da peça OE**; leia também obrigatoriamente o número gravado na peça que você desmontou.

Sintomas de falha e diagnóstico

A falha de pistão-camisa raramente aparece de uma hora para outra; geralmente começa com consumo de óleo, prossegue com pressão no cárter e se manifesta por perda de potência e fumaça. No diagnóstico, o objetivo é distinguir se o problema está realmente no conjunto do cilindro ou em um item mais barato, como turbo, retentor de válvula, injetor ou junta do cabeçote.

Sintoma	Causa provável	Verificação / confirmação
Fumaça azul no escapamento, aumento do consumo de óleo	Anel de óleo fatigado, canaleta do anel obstruída, brunimento da camisa apagado	Meça o consumo de óleo por km; elimine primeiro vazamento de óleo do turbo e retentores de válvula e, em seguida, faça teste de compressão/estanqueidade.
Sopro forte pelo respiro do cárter (blow-by)	Desgaste dos anéis, anel quebrado, desgaste da camisa	Com o motor quente, afrouxe a tampa de abastecimento de óleo e observe o sopro; para uma distinção segura, faça o teste de estanqueidade do cilindro (leak-down).
Diferença de compressão entre cilindros	Dano de anel/camisa em um único cilindro ou vazamento de válvula	Faça o teste de compressão; adicione um pouco de óleo ao cilindro baixo e repita o teste — se o valor subir, o problema está do lado dos anéis/camisa.
Batida a frio, ruídos que diminuem ao aquecer	Desgaste da saia do pistão, folga pistão-camisa excessiva ("piston slap")	Escuta cilindro a cilindro com estetoscópio pela lateral do bloco; após a desmontagem, medição de ovalização e conicidade no diâmetro interno da camisa.

Sintoma	Causa provável	Verificação / confirmação
Bolhas no reservatório de expansão, queda de nível, pressurização do sistema	Saliência da camisa insuficiente, calço incorreto, vazamento de junta, trinca no flange da camisa	Teste de pressão do sistema de arrefecimento e teste de vazamento de gases de escape (CO ₂); na desmontagem do cabeçote, a saliência é medida novamente com relógio comparador.
Água misturada ao óleo, aspecto de café com leite	Dano nos O-rings inferiores da camisa, trinca no corpo da camisa, perfuração por cavitação	Examine o óleo do cárter; pressurize a câmara de água do bloco e procure vazamento pela base da camisa.
Perda de potência, fumaça preta, aumento do consumo de combustível	Perda de compressão, camisa desgastada, injetor prejudicando a combustão	Verifique primeiro a vazão de retorno dos injetores e o filtro de ar/pressão do turbo; se estiverem em ordem, passe à medição de compressão.
Cavidades pontuais na superfície externa da camisa	Cavitação (falta de aditivo no líquido de arrefecimento, anticongelante incorreto)	Após a desmontagem, inspecione visualmente a parede externa da camisa; verifique a proporção de aditivo e o pH do líquido de arrefecimento.

Teste de compressão ou teste de estanqueidade?

O teste de compressão é rápido e mostra a diferença entre cilindros, mas não diz por onde ocorre a perda. No teste de estanqueidade do cilindro, injeta-se ar comprimido no cilindro e escuta-se de onde vem o som: se vier do coletor de admissão, é a válvula de admissão; se vier do escapamento, a válvula de escape; se vier do respiro do cárter, anéis/camisa; se surgirem bolhas no radiador, problema de junta ou de saliência. Fazer esses dois testes em conjunto antes de decidir evita a desmontagem desnecessária do motor.

Medir corretamente o consumo de óleo

A reclamação "está comendo óleo" é uma expressão subjetiva. O método correto é registrar a quantidade abastecida após a troca de óleo, anotar o óleo adicionado ao longo de uma determinada quilometragem e calcular o consumo em litros por mil quilômetros. Nos diesel comerciais pesados modernos, o consumo costuma ficar na ordem de alguns milésimos do consumo de combustível; um motor que ultrapasse claramente essa faixa deve ser investigado. O retentor de óleo do turbo, os retentores de válvula e a obstrução do sistema de respiro do cárter produzem o mesmo sintoma e são reparos mais baratos.

Disciplina de medição antes da desmontagem

Quando o cabeçote for retirado, não tenha pressa em remover as camisas. Antes, meça e anote com relógio comparador a saliência da camisa em cada cilindro e determine a conicidade e a ovalização medindo o diâmetro interno da camisa na altura do ponto morto superior e na região inferior, tanto ao longo do eixo quanto em ângulo reto. Registre também a marcação da classe de espessura da junta retirada (número de furos/entalhes, código de cor) — ela será sua referência ao comparar a nova classe de junta com a medição da saliência do pistão. Esses valores são a única prova objetiva que diz se o problema é desgaste ou erro de montagem.

Leitura complementar

Para uma visão técnica em linguagem simples deste assunto, consulte o artigo de referência em [Wikipedia](#). Confirme sempre os valores e procedimentos específicos com os dados de serviço do fabricante do veículo.

Etapas de troca / instalação

Equipamento de proteção individual e segurança: Estacione o veículo em piso plano, acione o freio de estacionamento, calce as rodas e desconecte o polo da bateria. Não abra o sistema de arrefecimento antes de o motor esfriar completamente — água quente sob pressão causa queimaduras graves. Luvas, óculos de proteção e calçado de segurança são obrigatórios. O conjunto pistão-biela e o cabeçote são pesados; use cintas e talha adequadas para o içamento, não tente levantar manualmente. Recolha óleo usado, anticongelante e solventes de limpeza conforme a legislação; não gere faíscas em ambiente com solvente.

- 1 Preparação e drenagem:** Drene o líquido de arrefecimento e o óleo do motor em recipientes adequados. Leia e guarde os registros de falha do motor do veículo; você os comparará com os achados após a desmontagem. Livre a área de trabalho da poeira — a montagem do conjunto de cilindros é um serviço de limpeza.
- 2 Desmontagem do grupo superior:** Retire os injetores, o mecanismo dos balancins, as varetas e o cabeçote seguindo a sequência de afrouxamento indicada pelo fabricante (geralmente de fora para dentro, em etapas). Na maioria dos motores comerciais pesados, os parafusos do cabeçote são de aperto angular e de uso único; providencie novos.
- 3 Medição e marcação:** Antes de retirar as camisas, meça a saliência em cada cilindro e anote em caderno. Marque as capas de biela, as camisas e os calços existentes, se houver, conforme o número do cilindro. Nenhuma peça a ser reutilizada pode trocar de lugar.
- 4 Remoção do conjunto pistão-biela:** Limpe a borda de carbono na parte superior da camisa com um alargador adequado, retire a capa de biela e remova o conjunto pistão-biela por cima. Coloque protetores no corpo da biela para não riscar o munhão do virabrequim e a superfície da camisa.
- 5 Remoção das camisas e limpeza do alojamento:** Retire as camisas com um extrator adequado; forçar com talhadeira ou alavanca danifica o alojamento do bloco. Limpe completamente a superfície de assentamento da camisa no bloco, as canaletas dos O-rings e a câmara de água, removendo calcário, corrosão e resíduos de junta. A superfície de assentamento deve ficar limpa como um espelho.

- 6** **Verificação do bloco:** Verifique a planicidade da face superior do bloco com régua e calibre de lâminas. Meça a profundidade do alojamento da camisa; havendo desgaste ou erosão, pode ser necessária retífica/usinagem. Se houver marcas de cavitação, a química do sistema de arrefecimento também deve ser corrigida.
- 7** **Prova a seco e escolha do calço:** Assente as novas camisas em seus alojamentos sem O-rings e sem óleo, pressione levemente por cima e meça a saliência com relógio comparador. A medição é feita em pelo menos quatro pontos ao redor da camisa. Se o valor estiver abaixo da faixa do fabricante, acrescente um calço de espessura adequada; se estiver acima, verifique a camisa/alojamento. Mantenha também estreita a diferença de saliência entre cilindros do mesmo motor.
- 8** **Montagem da camisa:** Definida a escolha do calço, retire a camisa, lubrifique levemente os O-rings inferiores com o lubrificante indicado pelo fabricante (na maioria das vezes sabão de montagem específico ou óleo de motor limpo), encaixe-os nas canaletas sem torção e pressione a camisa de uma só vez, sem inclinar. Após a montagem, meça e registre a saliência mais uma vez.
- 9** **Fixe as camisas com grampos (não pule esta etapa):** Depois que as camisas estiverem assentadas, **mantenha-as pressionadas contra o bloco com grampos/dispositivo de retenção de camisa (liner clamp) até que o cabeçote seja montado e torqueado.** Na camisa úmida, sem o cabeçote, a única coisa que mantém a camisa no lugar é o atrito dos O-rings inferiores; se o virabrequim for girado nessa condição, o atrito do pistão pode levantar a camisa alguns milímetros e, ao voltar a assentar, o O-ring inferior sai da canaleta e é cortado ou torcido. O resultado é água misturada ao óleo do cárter na primeira partida e uma segunda desmontagem do motor — este é o erro mais frequente em campo. Coloque grampo em cada cilindro e só os retire depois que os parafusos do cabeçote tiverem recebido o primeiro estágio de torque. Se não houver o dispositivo, **não gire o virabrequim de forma alguma.**
- 10** **Montagem do pistão e dos anéis:** Monte os anéis no pistão com o alicate de anéis, com as pontas defasadas nos ângulos indicados pelo fabricante; a marcação "TOP" deve ficar voltada para cima. Meça e confirme as folgas de pontas dos anéis dentro da camisa com calibre de lâminas. A seta/marca na coroa do pistão deve ser orientada corretamente em relação ao volante ou à câmara de combustão.
- 11** **Instalação do conjunto pistão-biela:** Lubrifique a saia do pistão e a superfície da camisa com óleo de motor limpo, comprima os anéis com a cinta de montagem e empurre o pistão para dentro delicadamente com o auxílio de um cabo de madeira. Lubrifique os casquilhos da biela, monte as capas conforme sua numeração e aplique os valores de torque + ângulo em etapas. Se nesta fase for necessário girar o virabrequim, certifique-se de que os grampos das camisas ainda estejam montados.

12 Medição da saliência do pistão e classe da junta: Montados todos os pistões, leve o pistão ao PMS em cada cilindro e meça a saliência do pistão com relógio comparador. Com base no valor mais alto, escolha na tabela do fabricante a classe de espessura adequada da junta do cabeçote; confirme a marcação da junta (número de furos/entalhes ou código de cor) antes de montá-la.

13 Montagem do cabeçote e primeira partida: Posicione a nova junta de cabeçote escolhida a seco e no sentido correto, e torqueie o cabeçote seguindo a sequência e os estágios do fabricante; concluído o primeiro estágio, retire os grampos das camisas. Complete o óleo e o líquido de arrefecimento e faça a sangria do sistema. Na primeira partida, confirme que a pressão de óleo sobe, verifique a estanqueidade em marcha lenta e não exija carga total do veículo durante o período de amaciamento.

Pontos de atenção (erros frequentes)

A escolha do calço não se faz por estimativa. A abordagem "coloque o mesmo que era antes" é o erro mais comum e mais caro. Pode haver alguns centésimos de milímetro de diferença entre a espessura do flange da camisa nova e da antiga; e o alojamento do bloco também se desgastou ao longo dos anos. A saliência deve ser medida novamente para cada camisa e o calço deve ser escolhido em função disso. Também é inaceitável sobrepor duas arruelas de marcas ou espessuras diferentes para "acertar o ajuste".

Não gire o virabrequim sem grampos. Girar o virabrequim com as camisas montadas e o cabeçote ainda ausente desloca a camisa em motores de camisa úmida e corta o O-ring inferior. O dano não é visível durante a montagem; ele se manifesta com água no óleo depois da primeira partida. O grampo de camisa é um dispositivo barato, uma segunda desmontagem não é.

Não reutilize os parafusos do cabeçote. Na grande maioria dos motores comerciais pesados, os parafusos do cabeçote são do tipo de aperto angular (torque-to-yield) e sofrem alongamento permanente a cada desmontagem. Um parafuso reutilizado não fornece a força de aperto esperada mesmo que você aplique o torque correto, e a junta queima em pouco tempo. Verifique o limite de alongamento com a medida de comprimento fornecida pelo fabricante e, em caso de dúvida, substitua. A mesma regra vale, na maioria das aplicações, também para os parafusos/porcas das capas de biela.

- **Abrir e montar os anéis com a mão:** Sem o uso do alicate de anéis, o anel torce permanentemente, a folga de pontas e o apoio se alteram; o motor consome óleo já no primeiro dia.
- **Não lavar a superfície brunida:** O resíduo de brunimento e o óleo protetivo das camisas novas devem ser removidos com água morna e sabão e pano limpo. Limpar apenas com solvente deixa partículas abrasivas nas canaletas.
- **Montar o O-ring seco ou com o lubrificante errado:** O O-ring seco se torce ou se corta durante a montagem; o lubrificante errado incha o material e, com o tempo, provoca vazamento de água.

- **Não limpar suficientemente o alojamento do bloco:** Um único pedaço de junta ou uma crosta de calcário deixados no alojamento falseiam a medição da saliência e prejudicam o assentamento da camisa.
- **Escolher a classe da junta sem medir:** Montar uma junta "da mesma classe da anterior" sem medir a saliência do pistão significa taxa de compressão errada ou folga pistão-cabeçote insuficiente, caso pistão ou biela tenham sido trocados.
- **Trocar o sentido do pistão:** Na maioria dos projetos de pistão, a câmara de combustão e o eixo do pino são descentralizados; um pistão montado ao contrário causa batida e desgaste acelerado.
- **Ignorar o aditivo do líquido de arrefecimento:** Em veículos comerciais pesados, a superfície externa da camisa está exposta à cavitação; se a proporção de aditivo/anticongelante indicada pelo fabricante não for mantida, até uma camisa nova pode ser perfurada em poucos anos.
- **Usar um jogo misturado:** Pistão, anéis e camisa formam um conjunto produzido em correspondência entre si; a vida útil de um conjunto de cilindro montado com peças reunidas de fontes diferentes é imprevisível.
- **Pular o amaciamento:** Colocar o motor em carga total logo após o reparo impede o assentamento dos anéis na camisa.

Valores técnicos e pontos de verificação

Os valores abaixo são faixas de referência gerais frequentemente encontradas em motores diesel comerciais pesados. Variam conforme a família de motor, o diâmetro do cilindro e o nível de emissões; para o valor definitivo, consulte o manual de serviço.

Ponto de verificação	Faixa de referência típica / geral	Nota
Saliência da camisa (protrusion)	Geralmente na faixa de 0,02 – 0,15 mm	Uma sub-faixa estreita é definida conforme a família de motor; o valor do manual prevalece.
Diferença de saliência entre cilindros	Tipicamente não deve exceder 0,02 – 0,04 mm	Se a diferença entre cilindros vizinhos for grande, a junta é comprimida de forma desigual.
Escalões de espessura do calço	Geralmente em passos de 0,05 mm (0,05 / 0,10 / 0,15 / 0,20 mm)	Usa-se um único calço; não se sobrepõem calços.
Saliência do pistão (no PMS, em relação à face do bloco)	Faixa estreita específica da família de motor; geralmente entre alguns centésimos e alguns décimos de mm	A classe escalonada da junta é escolhida por essa medida; os valores-limite vêm exclusivamente da tabela OE.
Ovalização / conicidade do diâmetro interno da camisa	Limite de serviço tipicamente 0,05 – 0,10 mm	O maior desgaste ocorre na região do ponto morto superior.

Ponto de verificação	Faixa de referência típica / geral	Nota
Folga pistão-camisa	Aproximadamente 0,08 – 0,25 mm (conforme o diâmetro)	Medida na região da saia, perpendicularmente ao eixo do pino.
Folga de pontas do 1º anel de compressão	Aproximadamente diâmetro × 0,003 – 0,005 (em 128 – 135 mm de diâmetro, grosso modo 0,40 – 0,70 mm)	Escala com o diâmetro; em motores de diâmetro menor o valor cai. Mede-se com calibre de lâminas, com o anel bem assentado dentro da camisa.
Folga de pontas do anel de óleo	Aproximadamente 0,25 – 0,60 mm	Uma folga excessivamente estreita comprime o anel a quente e risca a camisa.
Folga lateral na canaleta do anel	Aproximadamente 0,04 – 0,12 mm	Em anéis trapezoidais o método de medição é diferente; consulte o manual.
Pressão de compressão (na partida)	Aproximadamente 22 – 35 bar (≈ 320 – 500 psi)	Mais importante que o valor absoluto é a diferença entre cilindros (limite típico em torno de 10%).
Ângulo de cruzamento do brunimento / rugosidade superficial	Aproximadamente 40° – 60°, faixa de Ra 0,4 – 0,8 µm	O brunimento de platô acelera o assentamento dos anéis.
Temperatura de trabalho do líquido de arrefecimento	Aproximadamente 80 – 95 °C	Trabalhar continuamente no topo da faixa acelera o desgaste da camisa.
Temperatura de trabalho da coroa do pistão	Tipicamente regiões acima de 300 °C	Deve-se verificar obrigatoriamente se os esguichos de refrigeração do pistão estão desobstruídos.

Os valores de torque variam muito conforme a família de motor. A tabela abaixo serve apenas para mostrar o *método* aplicado; em termos numéricos, o manual prevalece.

União	Método de aplicação típico	Advertência
Parafusos do cabeçote	Pré-torque em etapas + aperto angular na sequência indicada (p. ex. 2 estágios de ângulo)	Na maioria das aplicações são de uso único; a sequência e os estágios não podem ser pulados.
Parafusos / porcas das capas de biela	Pré-torque + aperto angular	Os casquilhos devem estar lubrificados e as roscas dos parafusos limpas; em muitas aplicações são de uso único.
Parafusos dos mancais principais	Torque em etapas, sequência do centro para fora	O giro livre do virabrequim é verificado a cada estágio.
Parafusos dos esguichos de refrigeração do pistão	Torque baixo, geralmente na faixa de 15 – 30 Nm	O aperto excessivo altera o ângulo do esguicho e pode interromper a refrigeração do pistão.

Dica de medição: Ao medir a saliência da camisa, zere o relógio comparador na face superior do bloco e faça leituras sobre o flange da camisa nas posições de 12, 3, 6 e 9 horas. Uma medição feita em um único ponto esconde que a camisa está ligeiramente inclinada. Durante a medição, use um dispositivo de ponte para pressionar a camisa por cima com força uniforme; o

valor obtido pressionando com a mão não é confiável. O mesmo arranjo de comparador também é usado para ler a saliência do pistão com o pistão no PMS.

- Verifique a existência de corrosão, mossas ou resíduos na superfície do alojamento do bloco não com o dedo, mas com pano limpo e iluminação.
- Meça a espessura do flange da camisa nova com micrômetro e compare com a antiga; havendo diferença, a decisão sobre o calço muda em função disso.
- Meça a folga de pontas dos anéis separadamente em cada cilindro; pode haver pequenas diferenças entre os diâmetros das camisas.
- Se houver marca brilhante de atrito ou desgaste em um único sentido na saia do pistão, mande verificar o empenamento da biela.
- As marcas de cavidades pontuais (cavitação) são procuradas **na parede externa da camisa**, do lado da água; não na saia do pistão. Se houver essas marcas no exterior da camisa, a química do líquido de arrefecimento também deve ser corrigida.
- Nos primeiros 30 minutos após o reparo, monitore e registre a pressão de óleo, a temperatura da água e o sopro do cárter.

Manutenção e vida útil

Pistão e camisa são, quando bem utilizados, o grupo de maior durabilidade do motor; em veículos comerciais pesados observam-se centenas de milhares de quilômetros na primeira vida e, em cavalos mecânicos bem cuidados, vidas úteis que se aproximam de um milhão de quilômetros. O que determina a vida útil não é tanto a peça em si, mas a qualidade do óleo, do ar e da água que chegam até ela. A maior parte do desgaste ocorre nos minutos de partida a frio, quando o filme de lubrificação se rompe, e quando poeira não filtrada entra no motor.

- **Óleo e filtro de óleo:** Use óleo na viscosidade e especificação indicadas pelo fabricante e não estenda o intervalo de troca. O óleo contaminado leva partículas abrasivas diretamente à superfície da camisa.
- **Filtro de ar e estanqueidade da tubulação de admissão:** Um pequeno vazamento na conexão da mangueira após o filtro torna o filtro completamente inútil e desgasta a camisa em poucos milhares de quilômetros. O desgaste por poeira costuma deixar na camisa uma superfície brilhante e riscada.
- **Química do sistema de arrefecimento:** Meça regularmente a proporção de anticongelante/aditivo. Em um sistema com proteção contra cavitação enfraquecida, a superfície externa da camisa é perfurada pontualmente e há mistura de água no óleo.
- **Respiro do cárter:** Um respiro obstruído eleva a pressão do cárter e empurra o óleo para fora pelos retentores e pelos anéis; muitas falhas que se acredita serem "a camisa acabou" são na verdade isso.
- **Saúde dos injetores e do turbo:** Um injetor gotejante lava a parede da camisa com combustível e remove o filme de óleo; já um turbo que deixa passar óleo alimenta o conjunto do cilindro com fuligem e óleo, levando à colagem dos anéis.

- **Hábito de marcha lenta e partida a frio:** Em marcha lenta prolongada, a temperatura de combustão cai, acumula-se fuligem e as canaletas dos anéis coqueificam. Aquecer o motor gradualmente antes de exigir carga é o método mais barato de prolongar a vida útil.

Por melhor que seja a manutenção do motor, o desgaste em alta quilometragem é inevitável. A abordagem correta é acompanhar regularmente o consumo e a pressão do cárter, transformando o reparo em uma revisão planejada. Um dano de pistão que ocorre na estrada significa um custo e uma perda de dias várias vezes maiores do que uma renovação programada do conjunto de cilindros.

A VADEN ORIGINAL oferece em seu próprio catálogo, com disponibilidade em estoque, os calços de saliência de camisa necessários para este serviço, na categoria Pistão & Camisa de Motor. Os escalões de calço estão agrupados conforme a aplicação do motor; recomendamos que, ao escolher o escalão correto, faça a verificação pelo número do motor e pela referência OE e que, na montagem, siga a disciplina de medição descrita neste guia. Monte o restante da lista de peças antes de desmontar o motor: **os parafusos do cabeçote e, na maioria das aplicações, os parafusos/porcas das capas de biela são de aperto angular (torque-to-yield) e de uso único;** anote-os desde o início, junto com o jogo de O-rings inferiores da camisa e a junta do cabeçote — um jogo de parafusos que falta com o motor desmontado mantém o veículo dias parados na oficina. A mesma disciplina de medição vale para o grupo de pistão, anéis e camisa do compressor de ar; os pistões, jogos de anéis e camisas de cilindro desse grupo estão na família de kits de reparo de compressor da VADEN ORIGINAL, e nossa equipe técnica apoia você quanto à compatibilidade.

Este documento é informativo; na prática, prevalecem o manual de serviço atual e as instruções de segurança do fabricante do veículo. Os valores são referências gerais para sistemas de veículos pesados comuns; use a documentação de serviço OE para valores específicos do modelo. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com