

A evolução dos motores DAF

Helrysson Adelino Marialva de Almeida Gimenes adelino.gimenes@gmail.com UniOpet
Natalia da Costa Ramos natalia.c.r.amos@gmail.com UniOpet
Paula Leticia Camargo paulaleticia1999@hotmail.com UniOpet

RESUMO

Com a alta competitividade de mercado e com as inúmeras inovações existentes, é preciso sempre se adequar e melhorar os processos, os materiais e consequentemente melhorar os produtos e serviços para o cliente final. Esse é o caso da empresa DAF caminhões, que vem investindo ano após ano no desenvolvimento de seus produtos, na estruturação de suas fábricas e montadoras e em serviços pós-venda. O presente trabalho aborda a evolução dos motores da DAF, levando em conta as trocas de materiais e principalmente a melhora na eficiência energética, nele constam também definições e especificações dos componentes do motor à diesel, além das mudanças nos leiautes das fábricas. Para tal, dados quantitativos e qualitativos sobre a empresa e sobre o mercado automotivo atual foram levantados.

PALAVRAS CHAVES

Motores à diesel. Evolução. DAF.

1 INTRODUÇÃO

O setor automotivo cresceu disparadamente e sua importância para a economia também. Para isso, as empresas devem buscar sempre evoluir e apresentar melhorias em seus produtos, adequando-se aos critérios impostos durante a fabricação e às constantes mudanças nos gostos dos clientes. Em 2016 o Brasil alcançou a 10ª posição de maior produtor e 8ª posição de mercado interno na indústria automotiva segundo informações da Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores).

O número de caminhões exportados também aumentou e conseqüentemente aumentou o faturamento do setor. Com base nisso, este artigo apresenta algumas mudanças relacionadas à empresa DAF caminhões, instalada em 5 países atualmente e que constantemente modifica seus produtos e seus processos, ajustando-se aos padrões. Essas mudanças serão comentadas sobre os motores dos caminhões DAF, os processos de montagem e o leiaute das montadoras. Procurou-se identificar a evolução dos motores e a melhora na eficiência energética que são pontos importantes a serem estudados, já que impactam consideravelmente na escolha dos automóveis.

Este estudo é justificado pela possibilidade de servir de base para aprendizado, bem como auxiliar os acadêmicos em seus estudos profissionais que venham a interessar-se pelo tema associado a empresa do segmento automotivo. Para os acadêmicos das engenharias de produção e mecânica, o desenvolvimento deste trabalho permite aplicar o conhecimento adquirido durante a graduação, aliando a teoria e a prática.

O objetivo geral para este trabalho é apontar a evolução dos motores da marca DAF. Como objetivos específicos podem ser citados:

- Apresentar a evolução dos materiais;
- Apresentar a melhoria da eficiência energética dos motores;
- Apresentar e explicar os aspectos construtivos dos motores;
- Exemplificar em quais casos os componentes fundidos são substituídos pelos forjados;
- Evolução do leiaute das linhas de montagem.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: Seção 2 apresenta a revisão da literatura, distribuída nas seções 2.1 com a caracterização da empresa em questão; a Seção 2.2 apresenta a descrição do ciclo diesel; a Seção 2.3 apresenta a eficiência energética; Seção 2.4 descreve os aspectos construtivos do motor com base nos elementos de máquina e componentes do motor; Seção 2.5 apresenta a evolução dos materiais; Seção 2.6 apresenta o aperfeiçoamento dos motores; Seção 2.7 descreve a substituição de processos de fabricação de componentes; a Seção 2.8 contém as mudanças no leiaute das linhas de montagem de automóveis e por fim, apresentam-se na Seção 3 as conclusões obtidas com o presente estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, serão apresentados alguns pontos importantes para entendimento dos motores e evolução dos processos de fabricação destes, bem como a apresentação da empresa DAF.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A atual empresa DAF foi fundada em 1928, em Eindhoven na Holanda. Antes era chamada ‘Hub van Doorne Engineering Works and Repair Shop’, mas foi renomeada 20 anos depois para ‘Van Doorne’s Automobiel Fabriek’. Em 1996, foi comprada pelo grupo PACCAR, que é um líder global em fabricação de caminhões premium leves, médios e pesados (DAF, 2019). A DAF está presente na Holanda, Bélgica, Austrália, Inglaterra e Brasil, onde está instalada desde 2011, em Ponta Grossa, Paraná, produzindo os modelos CF85 e XF105, com os motores PACCAR MX-11 e PACCAR MX-13. O lançamento das versões *off road* em 2017, projeto em parceria com a matriz holandesa, alavancou ainda mais as vendas dos caminhões. A empresa fornece também serviços financeiros, de pós-venda e peças para reposição para caminhões (DAF, 2019).

Acompanhando as tecnologias e sempre evoluindo, a DAF tem como princípio a melhoria contínua. Segundo DAF (2019), essas melhorias, como o motor *intercooler*, garantem aos caminhões mais potência e menor consumo de combustível, além de emissão de gases menos poluentes, o que é definido pelos sistemas EGR (Recirculação de Gases de Escape) e SCR (Redução Catalítica Seletiva), que estão dentro das normas estabelecidas no Euro 6, regulamentado pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Foi, também, a empresa que lançou o câmbio CVT e utiliza em seus motores o sistema de injeção *Common Rail*, que é um sistema de alta pressão que divide o combustível a todos os cilindros.

2.2 MOTOR DE CICLO DIESEL

Os motores fabricados pela DAF são todos motores Diesel, sendo assim, é de grande importância o entendimento do funcionamento desse ciclo. O motor a Diesel é um motor de 4 tempos, sendo suas etapas a admissão, compressão, expansão e descarga. Na etapa de admissão, diferentemente dos motores a gasolina de ciclo Otto, onde é admitida uma mistura ar-combustível aos cilindros, no ciclo Diesel a admissão é somente do ar. Assim que o ar entra nos cilindros, ele passa para a segunda etapa, onde então é comprimido de modo que sua temperatura se eleva a cerca de 800°C (VARELLA, 2014).

O combustível é injetado e imediatamente se inflama devido à alta temperatura, assim iniciando a combustão. A combustão então gera a expansão do ar, à medida que o combustível é injetado. Essa expansão movimenta o pistão, transformando a energia térmica em energia mecânica. Segundo Varella (2014), a força gerada pela expansão do ar é transmitida através da biela para o virabrequim, gerando assim o movimento de rotação do motor.

A quarta e última etapa do ciclo é a descarga, onde o pistão se move para o PMS (ponto motor superior) e a válvula de escape está aberta, possibilitando então a vazão dos gases resultantes da combustão pela válvula de escape (VARELLA, 2014).

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os motores produzidos até os anos 30 compartilhavam de um mesmo grande problema: sua falta de confiabilidade, necessitando de constantes revisões devido à componentes que desregulavam e até mesmo entupiam. Os sistemas de arrefecimento dos motores também careciam de adaptações, pois qualquer escape ou fuga que pudesse ocorrer nesses sistemas acarretavam a perda do motor (CASTRO et al., 2014).

Nas décadas seguintes esses problemas deixaram de ser o centro das atenções em relação a consertos e inovações e abriram espaço para novos problemas, estes advindos da necessidade de melhoria do rendimento dos motores. Motores mais sofisticados começaram a surgir, apresentando arrefecimento à água e cilindros alinhados. Segundo Castro (2014), as evoluções apresentadas nos próximos anos (a partir dos anos 70), tinham por objetivo minimizar as emissões de poluentes e o uso racional do combustível, tendo em vista as crises petrolíferas, obrigando os motores a serem mais termicamente eficientes.

2.3.1 Taxa de compressão

A taxa de compressão dos motores de combustão interna pode ser entendida como a proporção do volume de ar admitido somado ao volume do cilindro em relação ao volume do cilindro, então pode ser lido como a relação volumétrica entre o cilindro antes e depois da compressão (CASTRO et al, 2014). Essa taxa de compressão pode ser descrita pela Equação 1.

$$TC = \frac{\text{Cilindrada do motor} + \text{volume da câmara de combustão}}{\text{volume da câmara de combustão}} \quad (1)$$

Nos motores a Diesel, essa taxa de compressão varia entre 14 e 22, comparado com os motores a gasolina que apresentam uma variação de 6 a 12, essa diferença explica a maior eficiência dos motores Diesel. Quanto maior a taxa de compressão, melhor será o aproveitamento energético e o rendimento térmico do motor. Essa taxa não tem relação com o tipo de combustível utilizado, mas sim ao volume da câmara de combustão. (CUNHA, 2017)

2.3.2 Cilindrada

Segundo Cunha (2017), a cilindrada do motor pode ser descrita como o volume movimentado pelo pistão do ponto superior do cilindro até o ponto inferior multiplicado pelo número de cilindros no motor. A relação pode ser representada pela Equação 2, o valor é dado em cm³.

$$C = \left(\frac{\pi D^2}{4} * \text{Curso} \right) * N_{\text{cilindros}} \quad (2)$$

Aplicando essa equação para o motor PACCAR MX 13, que apresenta diâmetro de 130 mm pelo curso de 162 mm, e taxa de compressão de 18,5 a 1, é obtida a Equação 3:

$$C = \left(\frac{\pi 13^2}{4} * 16,2 \right) * 6_{\text{cilindros}} = 12,9 \quad (3)$$

Logo, o motor PACCAR MX 13 é um motor de 12.900 CC ou 12,9 litros. Uma grande evolução comparada com o primeiro motor legitimamente DAF, que possuía somente 5,75 litros. As mudanças apresentadas desde 1958 até os dias atuais são reflexo da necessidade de potência, eficiência e economia, dadas as crises de petróleo.

Com o passar dos anos, houve uma melhor significativa da potência dos motores com o aumento da capacidade volumétrica da mistura do combustível e ar. Entretanto, a cilindrada dos motores não é o único fator que influencia no aumento da potência dos motores. No ano de 1968 houve um aumento da capacidade volumétrica do motor DKA 1160, mas o aumento da potência não foi tão significativo. Em 2011 houve uma pequena queda da potência do motor PACCAR MX, mantendo a cilindrada dos modelos anteriores, isso deu por conta da necessidade que a empresa tinha na época de atender os padrões ambientais estadunidenses de emissão de CO₂ da EPA de 2010. No ano seguinte, essa pequena diminuição de potência foi recuperada.

2.4 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MOTOR

A seguir, serão explicados os elementos de máquina e componentes de motores do ciclo diesel, utilizados nos caminhões DAF.

2.4.1 Elementos de máquina e componentes do motor

- Cabeçote

O cabeçote é uma tampa do motor, a qual o pistão vai usar como superfície para realizar a compressão do ar, no caso do ciclo Diesel. Segundo Cunha (2017), os cabeçotes possuem furos para a alocação de velas de ignição ou bicos injetores e válvula de escape.

Geralmente são adotadas ligas de alumínio na produção do cabeçote por possuírem uma boa condutibilidade térmica, serem leves e uma trabalhabilidade moderadamente fácil (MARTINS, 2013).

- Pistão

O pistão é o componente móvel da câmara de combustão, recebe a força da expansão da combustão e transmite o movimento para a biela. De acordo com Martins (2013), os pistões são os componentes que mais sofrem esforço em relação ao cilindro, alcançando velocidades de até 25 m/s. Geralmente feitos em alumínio, precisam suportar altas pressões e temperaturas elevadas resultantes da combustão.

Este componente é composto pela cabeça e saia. A cabeça é a parte superior que apresenta ranhuras para suportar a pressão da combustão, essas ranhuras também são o que impedem a temperatura extrema dos gases de combustão de alcançarem a saia. A saia é a parte inferior, que tem a função de manter o pistão alinhado e que transfere o calor para as paredes do cilindro, sem ela a temperatura do pistão se elevaria a temperaturas muito acima das suportadas pelos materiais, o que resultaria na fundição do pistão (MARTINS, 2013).

- Biela

A biela é o componente responsável por transmitir o movimento linear realizado pelo pistão para o virabrequim (cambota), gerando assim o movimento circular. Pode ser fabricada em estampagem de aço, o que confere uma alta resistência ao componente, ou em ligas de alumínio ou titânio (MARTINS, 2013).

- Eixo comando de válvulas (árvore comando da distribuição)

O eixo de comando de válvulas tem como intuito realizar a abertura e fechamento das válvulas, nas etapas de admissão e exaustão respectivamente. Seu movimento é comandado pela cambota através de uma correia dentada, e corresponde à metade do movimento do virabrequim, portanto, enquanto o virabrequim realiza duas voltas completas que consistem em um ciclo do motor, as válvulas de admissão e de exaustão são abertas somente uma vez (MARTINS, 2013).

- Válvulas

Os motores de 4 tempos possuem em cada cilindro uma válvula de admissão e uma de exaustão. Seu acionamento ocorre por meio do conjunto de acionamento de válvulas. Cada

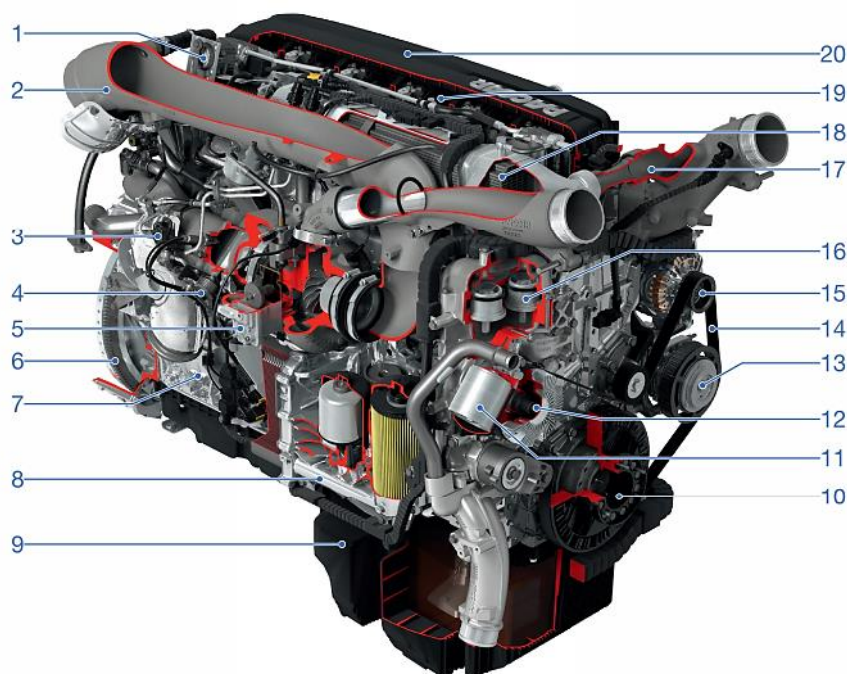
válvula é composta por uma cabeça e uma haste, a cabeça sendo a parte que veda a movimentação dos gases para dentro do cilindro, e a haste a parte que serve para guiar a válvula (MARTINS, 2013).

- Conjunto de acionamento de válvulas

O conjunto de acionamento de válvulas é um componente do motor que compreende 3 partes: tucho, haste e balancim. Seu funcionamento se inicia com o movimento da árvore de comando de distribuição, que por meio de seu ressalto, transmite a movimentação para o tucho, movimentando a haste que por sua vez transmite o movimento à válvula, que se abre (CUNHA, 2017).

Conforme demonstrados na Figura 1, a seguir estão listados os componentes dos motores a diesel DAF e as especificações de como eles agem dentro do mecanismo.

Figura 1 – Componentes do motor PACCAR MX-13



Fonte: Ficha Técnica motor PACCAR MX-13 (DAF, 2019)

1- Sistema EGR (Recirculação de Gases de Escape)

Esse sistema está representado na Figura 1 pela válvula (nº 1), venturi (nº 17) e arrefecedor (nº 18). Na empresa DAF, tal sistema está dentro das normas regulamentadoras da Euro 3, Euro 5 e Euro 6, dependendo da versão do motor a diesel disponibilizado pela empresa.

O sistema de recirculação de gases de escape (EGR), além de ser um componente que serve para a redução de emissão de poluentes, que em motores à diesel age reduzindo a emissão de óxido de nitrogênio (NOx), e tem como propósito o controle de detonação e a melhoria de desempenho, tanto do consumo quanto da potência (RADICCHI, 2018).

O EGR age reintroduzindo os gases queimados durante um ciclo do motor para o próximo ciclo. Essa recirculação ocorre por meio de sistemas de atuação variável de válvulas, podendo conferir ao motor mais torque em baixas rotações e maior potência em altas rotações. Essas válvulas atuam em um determinado tempo entre abertura e fechamento das válvulas de admissão e exaustão (RADICCHI, 2018).

2- Tubo de entrada de ar

Esta peça está localizada entre o filtro de ar e o motor, sendo responsável por conduzir o ar para dentro do motor, depois de ter sido filtrado. Esse ar filtrado é o que irá ser conduzido para a admissão, durante esse processo a válvula de admissão está aberta e a válvula de exaustão está fechada (VARELLA, 2014).

3- Bico injetor (sétimo injetor)

O bico injetor é o componente responsável pela injeção do combustível na câmara de combustão. Após o ar ser conduzido para a câmara de combustão, este é comprimido, o que causa uma elevação na temperatura dentro da câmara. Essa temperatura pode chegar a até aproximadamente 800°C. Assim que o combustível é injetado na câmara, devido à alta temperatura, ele se inflama causando o início da combustão (VARELLA, 2014; SILVA, 2015).

4- Válvula de exaustão

Enquanto na etapa de admissão o pistão estava no PMI (ponto motor inferior), na etapa de compressão ele passa para o PMS (ponto motor superior) e na etapa de exaustão ele volta para o PMI, indo para o PMS na etapa de descarga.

Na etapa de descarga, a válvula de admissão está fechada e a válvula de exaustão se abre, permitindo que os resíduos da combustão sejam expulsos do cilindro (VARELLA, 2014).

5- Turbocompressor de geometria variável (Turbo VTG)

Segundo Silva (2011), os turbocompressores são compostos de uma turbina e um compressor, presos num mesmo eixo. Seu modo de operação começa com a turbina, que utiliza dos gases de escape como “combustível” para acionar o compressor, que por sua vez puxa o ar, realiza a compressão e então o envia aos cilindros. O funcionamento do turbocompressor em relação ao motor se dá diretamente do ar e do fluxo de gases, logo, a rotação do motor não está ligada ao acionamento do compressor, mas sim a relação entre a turbina e o compressor.

No sistema com turbina de geometria variável, a turbina apresenta resistências ao fluxo de ar continuamente alterada, causando assim um melhor aproveitamento dos gases de escape que regem seu movimento (SILVA, 2011).

6- Volante do motor

Volante de inércia ou simplesmente volante do motor, é um disco que mantém o movimento de rotação, por ter uma alta massa específica. Este componente também age como um rotor, gerando energia elétrica por meio da energia cinética vinda da sua rotação (CUNHA, 2017).

7- Bloco do motor

Este componente é a base do motor. O bloco é o componente onde são usinados os furos para a colocação dos cilindros, também possui uma alocação em sua parte inferior para os mancais que apoiam o virabrequim. São fabricados em sua maioria de ferro fundido ou alumínio (CUNHA, 2017).

Os blocos de motor eram comumente fabricados de ferro fundido por ter uma alta resistência, ser economicamente viável e ter uma trabalhabilidade alta. O material está sendo lentamente substituído pelas ligas mais leves por terem a capacidade de transferência de calor maior e pela leveza (MARTINS, 2013).

8- Módulo do filtro de óleo

O módulo do filtro de óleo possui diversas funções, como a filtragem e o monitoramento e controle da temperatura do óleo. O mecanismo de controle da temperatura o mantém na janela ideal de temperatura, entre 100°C e 115°C, o que melhora o consumo de combustível e reduz a emissão de CO₂ (MANN+HUMMEL, 2018).

Este módulo, dependendo da aplicação, também pode ser equipado com uma centrífuga que aumenta a performance do filtro, proporcionando uma melhor eficiência na separação da fuligem e de outras partículas. Esse aumento de performance do filtro pode duplicar o intervalo de serviço, de 100.000 km para 200.000 km (MANN+HUMMEL, 2018).

9- Cárter de óleo

O cárter compõe a tampa inferior do motor, servindo como reservatório de óleo lubrificante e protegendo os componentes inferiores do motor. Serve também para arrefecimento do óleo, realizando a transferência de calor por aletas exteriores que ficam em contato com o ar. É comumente feito em aço estampado, pelo fato de que o material apresenta alta resistência ao choque, porém também pode ser fabricado por meio de fundição de alumínio (MARTINS, 2013).

10- Virabrequim (cambota)

O virabrequim atua juntamente com a biela na transformação do movimento, tal movimento gera uma potência, a qual é transmitida para o volante do motor por uma das extremidades da cambota. Segundo Martins (2013), esse componente também é responsável por realizar o comando dos sistemas de ignição, distribuição, injeção e refrigeração.

11- Filtro do líquido de arrefecimento

Este componente tem como função reter quaisquer impurezas que possam vir a contaminar o líquido de arrefecimento, e é instalado no alojamento da bomba do líquido de arrefecimento. É um dos componentes que fazem parte do sistema de arrefecimento dos motores a combustão interna (TORSANI, 2018).

12- Bomba de água

Dentre os componentes do sistema de *intercooler*, está a bomba de água. Serve como um componente de transferência de calor que age de modo mais eficaz que o ar, quando realizando a transferência de calor no alumínio. Sua vazão pode mudar dentro de cada sistema, porém uma boa margem que pode ser usada é de 30 a 40 m/min (CUNHA, 2017).

13- Compressor de ar-condicionado

O compressor do ar-condicionado é o componente do motor que irá receber o fluido de arrefecimento e comprimi-lo, gerando o aumento da temperatura e pressão, e então o envia ao condensador, que realizará a troca de calor. O compressor é conectado ao motor por meio de uma correia que conecta o virabrequim ao alternador (FORNASARI, 2013).

14- Correia trapezoidal

Também chamada de corrente dentada ou corrente de sincronização, é uma correia de borracha que possui dentes em série, podendo ter em seu interior cordões de kevlar ou de fibra natural. Este componente é responsável por interligar o virabrequim que fica na parte inferior do motor ao comando de válvulas na parte superior do motor. Essa correia tem como função sincronizar o movimento do virabrequim com o comando de válvulas para que os pistões e as válvulas trabalhem sem folga e em harmonia, de forma ordenada (CARNEIRO, 2019).

15- Alternador

O alternador automotivo é um aparelho que tem como função gerar corrente elétrica que é destinada para carregar a bateria e alimentar os equipamentos eletrônicos do veículo. Este aparelho é acionado constantemente por meio de uma polia que é ligada ao motor (virabrequim) por meio de uma correia, transformando a energia mecânica do motor em energia elétrica. Quanto menor a massa dos componentes menor será o consumo de potência do motor, consequentemente, menor consumo de combustível e emissão de CO₂ (RIGOLETTO et al., 2013).

16- Válvula termostática (caixa do termostato)

A válvula termostática é responsável por aferir a temperatura do líquido de arrefecimento assim que sai do bloco do motor. A válvula irá medir a temperatura do líquido e então opera de acordo com essa temperatura, podendo enviar o líquido diretamente para o radiador ou de volta para a bomba de fluido de arrefecimento (TORSANI, 2018).

19- Freio motor (travão do motor MX)

O freio motor é um equipamento de segurança que normalmente está presente em motores de grande porte, instalado junto ao escapamento, que tem como função reduzir a rotação do motor, auxiliando na frenagem do veículo. Este equipamento possui uma válvula que, quando fechada, limita a saída dos gases expelidos pelo motor, gerando uma pressão que reduz a rotação do motor. Em veículos mais novos, a injeção de diesel também é reduzida (MUNHOZ, 2017).

20- Tampa da válvula

É o componente do motor que cobre a parte superior do motor, e consequentemente, as válvulas, evitando que sejam contaminadas por sujeiras ou qualquer outro tipo de contaminante (CUNHA, 2017).

2.5 MATERIAIS E SUAS EVOLUÇÕES

Inicialmente, o material mais utilizado para a fabricação dos motores e seus componentes era o ferro fundido, por ser relativamente fácil de trabalhar, de fácil aquisição e por ter uma alta resistência. Porém pela crescente necessidade de inovação e de maiores velocidades, foi rapidamente substituído pelas ligas de alumínio, todavia estas apresentam baixo ponto de fusão, uma alta dilatação térmica e pouca resistência ao desgaste (MARTINS, 2013).

Esses problemas foram resolvidos usando ligas de alumínio-silício eutéticas e hiper-eutéticas contendo de 12% a 16% de silício na composição. Segundo Martins (2006), as vantagens

que essas ligas trazem para a fabricação dos componentes de motores são desde possuírem baixo coeficiente de expansão térmica, assim possibilitando uma fabricação de componentes com menores tolerâncias, como também constituem peças com menor massa, maior resistência ao desgaste e menor atrito.

O bloco do cilindro é geralmente feito em ferro fundido em uma única peça, porém novos materiais estão sendo implantados em sua fabricação. A escolha do material não se baseia somente no seu peso e em suas características, apesar de serem de extrema importância, mas também em seus custos de fabricação e pela busca de rendimento interno (CASTRO et al., 2014).

Um material alternativo para a utilização do ferro fundido é o alumínio. Apesar de ser uma alternativa cara, apresenta resultados melhores quanto dissipação de calor e redução de peso. Na Europa, o uso do alumínio na fabricação dos blocos dos motores à Diesel é crescente devido à utilização de injeções “Common Rail”, alta pressão de combustível. Essa tecnologia, agregada com os benefícios da utilização do alumínio, resulta na maior durabilidade dos componentes, reduz o consumo de combustível, gerando assim, um aumento no torque e potência dos motores, e ainda reduzindo a emissão de gases poluentes (CASTRO et al., 2014).

Ainda para manter a durabilidade e resistência do bloco, este pode passar por uma deposição eletrolítica a base de cromo e níquel, processo que confere uma minimização no atrito do pistão e anéis no interior do bloco, e assim aumentando sua vida útil. Para aumentar a resistência térmica, motores que são fabricados no Brasil também recebem uma adição de liga de fósforo na sua composição, para dar maior resistência às paredes do cilindro (CASTRO et al., 2014).

2.6 APERFEIÇOAMENTO DOS MOTORES

Tendo em vista as mudanças de materiais, a DAF então focou nas melhorias de desempenho de seus motores, realizando uma série de alterações desde 1956, ano em que começaram a fabricação própria de motores a Diesel.

Em 1956, a DAF começou a fabricação do um motor próprio baseado no Leyland 0.350, o DD575 (5,75 litros). Anteriormente os motores usados nos caminhões da DAF eram disponibilizados pela própria Leyland. O DD575, é um motor a diesel, 6 cilindros com 160 hp (118 kW), possui um torque de 25-26 mkg (180-190 ft. lbs) e pesa 530 kg, incluindo todos os acessórios menos o reversor de engrenagens. Esse mesmo motor, 3 anos mais tarde, foi aperfeiçoado com a implementação de um turbo compressor o que lhe rendeu uma melhora de performance (122 kW/165 hp) (DAF, 2019).

O DKA 1160, lançado em 1968, é um motor de 11,6 litros e possui 212 hp (184 kW) de potência. Os tubos de admissão desse motor foram ajustados para potência extra sem turbo (DAF, 2019).

No ano de 1973, a DAF lançou o DKS 1160, o primeiro motor de caminhão com turbo intercooler. Este é também é um motor de 11,6 litros, mas tem uma potência de 310 hp (228 kW) (DAF, 2019).

Em 1997, a DAF lançou o motor XF, sendo este o seu primeiro motor que possuía quatro válvulas por cilindro. O XF é um motor de 12,6 litros com uma potência de até 480 hp (355 kW) (DAF, 2019).

No ano de 2000, a DAF lançou o motor PE cuja injeção de combustível é controlada eletronicamente. Esse é um motor de 9,2 litros e possui uma potência de 360 hp (265 kW) (DAF, 2019).

Em 2006, a DAF desenvolveu o motor PE e lançou o motor PACCAR PR, que possui a tecnologia MX de injeção. Assim como o motor PE, é um motor de 9,2 litros e tem uma potência de até 360 hp (265 kW). Também em 2006, a DAF lançou o motor PACCAR MX que é um motor de 12,9 litros com uma potência de até 510 hp (375 kW) (DAF, 2019).

No ano de 2010, foi feita a introdução do motor PACCAR MX que atende os padrões de emissão estadunidense EPA (DAF, 2019).

No ano seguinte foi introduzido o novo motor PACCAR MX. Com novos pistões, injeção de combustível otimizada e um único coletor de escape totalmente encapsulado, garantem que esse motor tenha um consumo substancialmente menor de combustível e, por consequência, menor emissão de dióxido de carbono (CO₂). Ele é um motor de 12,9 litros com uma potência de até 460 hp (340 kW) (DAF, 2019).

Em 2012, a DAF lançou a linha de motores PACCAR MX-13, com 12,9 litros e uma potência de até 530 hp 375 (kW), apresentando soluções para maximização de eficiência. O motor Paccar Mx-13 apresenta alto torque, pode ser desenvolvido com duas potências, de 480 cv e 530 cv, foi projetado para trabalhar em rotações menores e com o mínimo de atrito (DUARTE, 2020). Nesta linha de motores, o bloco de cilindros e a cabeça do cilindro são feitos de ferro grafite compacto (CGI), cambota feita em aço forjado, além disso cumprem com a legislação de emissão Euro 6, que entrou em vigor na união europeia em 1 de janeiro de 2014 (DAF, 2019).

2.7 SUBSTITUIÇÃO DOS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES

Dependendo da aplicação, o processo de forjamento se mostra mais vantajoso que o processo de fundição, possibilitando a redução de custo de fabricação e assegurando propriedades resistência superiores.

No caso do virabrequim, a superioridade do processo forjamento sobre o processo de fundição existe por diversos fatores. Os virabrequins forjados são mais confiáveis, pois respondem de maneira mais previsível ao tratamento térmico e possuem uma melhor estabilidade dimensional. Além disso, a fabricação do virabrequim por meio do forjamento pode ser menos custosa, uma vez que não requer custos adicionais para controle mais rigoroso do processo e inspeção como o processo de fundição necessita (OLIVEIRA et al., 2011).

O pistão é outra peça onde o processo por meio de forjamento pode ser mais vantajoso que o uso do processo de fundição, pois é necessário que a peça obtenha uma alta resistência. O processo de fabricação pode ser barateado e acelerado se for empregado o processo de fundição, entretanto, a peça resultante possuirá menos resistência visto que o processo gera materiais menos densos se comparado ao processo de forjamento. Já a vantagem do processo de forjamento na fabricação do pistão, por comprimir o material e torná-lo mais denso, confere à peça maior resistência a altas pressões e temperaturas que os pistões fabricados no processo de fundição (SANTOS, 2018).

Assim como as peças apresentadas anteriormente, o eixo de comando de válvulas pode ser fabricado por meio diferentes processos, como o processo de fundição e de forjamento. A principal vantagem do processo de forjamento em relação à fundição na fabricação do eixo de comando de válvulas é a resistência mecânica superior. Entretanto, o processo fundição possui como vantagem a matéria prima mais barata e menor desperdício desta (BUCHLI, 2010).

2.8 MUDANÇA DO LEIAUTE DAS LINHAS DE MONTAGEM

A produção quase artesanal marcou a fabricação e montagem dos primeiros caminhões da marca. Até mesmo as pinturas das cabines eram feitas à mão, mas hoje ocorrem por robotização, com o mínimo desperdício possível. Segundo DAF (2019), após o grupo PACCAR adquirir a empresa, o sistema de produção chamado PPS (PACCAR Production System), desenvolvido pela própria empresa, é usado na fábrica de Ponta Grossa, no Paraná. Esse sistema garante um índice menor de desperdício e auxilia na melhor qualidade dos produtos, sendo considerado então uma linha de produção limpa.

O objetivo de todo o leiaute é proporcionar o máximo de eficiência através da otimização das instalações, reduzindo distâncias e maximizando o rendimento da redução dos tempos (LEANDRO, 2016 apud PAOLESCHI et al., 2009). Sendo assim, é importante definir um leiaute adequado para melhoria da produção, atendendo a todos os processos da fabricação e montagem dos produtos.

O arranjo físico das fábricas e montadoras de automóveis normalmente é por produto. Seixas (2020) explica as vantagens deste arranjo: “as montadoras apresentam um alto custo com instalações e requerem equipamentos específicos. Com isso, o custo fixo é maior, mas o custo variável por unidade é menor, representando um elevado grau de alavancagem operacional.” Dentro desse arranjo estão as chamadas linhas de montagem, citadas por Filho (2012): Henry Ford teve a grande ideia de criar a linha de montagem, fazendo com que o montador, em vez de trabalhar em volta do produto, ficasse num posto de trabalho e o produto se movesse em esteiras, indo até o montador. Sendo assim, cada etapa se torna repetitiva devido ao grande volume e padronização dos produtos.

Coelho (2013) comenta: “No início, a linha de montagem foi um passo fundamental para assegurar que os mesmos processos fossem repetidos várias vezes para a fabricação de um modelo específico de alta qualidade. Agora, a linha de montagem moderna produz uma grande variedade de veículos que são praticamente customizados para consumidores globais.”

Com a produção em massa os processos evoluíram, e a montagem em linha, tanto dos chassis quanto dos motores, foi automatizada, melhorando assim a eficiência e a qualidade do produto. As linhas de montagem da fábrica DAF no Brasil, ficam localizadas uma de cada lado dentro da planta fabril. Leandro (2016) fala sobre o estoque de componentes dos motores, que são distribuídos ao lado dessas linhas de produção diminuindo a movimentação de materiais e pessoas. A planta conta também com área de testes de qualidade dos caminhões.

A movimentação dos materiais dentro da planta fabril, segundo Andrade (2015), “são dois processos distintos, sendo divididos em materiais que são armazenados e posteriormente enviados para a linha de produção, e materiais que são entregues diretamente nos pontos de uso, trabalhando dentro de metodologia just in time”.

Na linha de montagem de chassis, subconjuntos e materiais de grande porte são usados, e na montagem de cabines, que também são subconjuntos já montados e pintados, os materiais

são de tamanhos menores, podendo ser detalhes internos, botões de controles e acabamentos (ANDRADE, 2015).

No início de sua história, a DAF produzia de 10 a 12 caminhões por semana. Com a construção da fábrica em Leyland a capacidade era de 4 motores por hora (DAF, 2019). E segundo Leandro (2016), essa produção aumentou para mais de 80 caminhões por dia nas plantas fabris da Europa e EUA, enquanto no Brasil, no ano de 2016, se produziam 3 caminhões/dia, isso devido a empresa estar ainda em processo de instalação.

3 CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, apesar de algumas informações fazerem parte do sigilo da empresa, conclui-se que a DAF Caminhões apresentou mudanças consideráveis a cada motor produzido. Tais mudanças podem ser notadas em questão do aumento de potência dos motores, atendendo as exigências dos padrões ambientais de emissão de poluente dos países, além do consumo de combustível reduzido. Essas mudanças podem ser vistas especialmente em uma comparação entre o motor DD575, primeiro produzido pela DAF, e o motor MX-13, que vem sendo usado nos caminhões da marca.

Mas, vale lembrar que para qualquer mudança, há um englobamento de vários outros componentes e processos que devem ser estudados, bem como a atualização destes em constante acompanhamento às tecnologias disponíveis no mercado. Estudos são feitos para melhoria contínua dos produtos, visando qualidade e atendimento das necessidades dos clientes, estes cada vez mais criteriosos, aumentando ainda mais o desafio da produção de bens e serviços.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Luciano José de. Análise da movimentação de materiais em uma montadora de veículos pesados, 2015. http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5917/1/PG_CEEP_2014_1_17.pdf

BUCHLI, Marcelo et al. Análise de manufatura e de produto para a utilização do ferro fundido austemperado ADI grau 3 em eixo comando de válvulas de motores Diesel. 2010. http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/264964/1/Buchli_Marcelo_M.pdf

CARNEIRO, Alexandre. **O que é virabrequim? E biela? Entenda as peças vitais do motor.** AutoPapo, 2019. <https://autopapo.uol.com.br/noticia/o-que-e-virabrequim-e-biela-conheca-as-principais-pecas-do-motor/>

CASTRO, Carlos Eduardo Rodrigues de. Desenvolvimento de um motor BMW para servir de Range Extender. 2016. Tese de Doutorado. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41484/1/Disserta%20a7%20a3o_Carlos%20Eduardo%20R.%20de%20Castro_2016.pdf

CASTRO, Fábio Daniel de. Motores automotivos: evolução, manutenção e tendências. EDIPUCRS, 2016.

CAVALCANTE, Ulisses. **A evolução das linhas de montagem de automóveis.** Quatro rodas, 2018. <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/a-evolucao-das-linhas-de-montagem-de-automoveis/>

COELHO, Leandro Callegari. **Os avanços da linha de montagem – de 1913 até os dias de hoje**. Logística descomplicada, 2013. <https://www.logisticadescomplicada.com/os-avancos-da-linha-de-montagem-de-1913-ate-os-dias-de-hoje/>

CUNHA, Paula Cordeiro Rodrigues da et al. Efeito da adição de hidrogênio produzido a partir de eletrólise alcalina no desempenho de um motor de combustão interna. 2017. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21039/1/EfeitoAdicaoHidrogenio.pdf>

DAF, Caminhões Brasil. **Marco na história da DAF**. DAF Caminhões Brasil, 2019. <https://www.dafcaminhoes.com.br/pt-br/a-daf/history/timeline-history?Tags=&Page=1>

FORNASARI, Adriano José; BIONDO, Diego; ROANI, Luan Saldanha. Sistema de controle de temperatura de ar condicionado automotivo. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4161>

LEANDRO, Anderson Luiz. Elaboração do plano estratégico de operações logísticas em uma indústria automobilística. Universidade Federal do Paraná, 2016. <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49696/R%20-%20E%20-%20ANDERSON%20LUZ%20LEANDRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MAIA, Marcio Henrique Leme et al. INFLUÊNCIA DO CONDENSADO NO SISTEMA EGR. SIMEA, 2014. <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2014/21.pdf>

MANN+HUMMEL. **Compact fuel filter module integrates a variety of functions**. Mann+Hummel, 2018. <https://www.mann-hummel.com/en/areas-of-expertise/liquid-filter-systems/compact-fuel-filter-module-integrates-a-variety-of-functions/>

MARTINS, Jorge. Motores de Combustão Interna-4ª edição Revista e Aumentada. 2013. https://www.academia.edu/37341154/Motores_de_combust

MUNHOZ, Manuella Gobbo de Castro. Identificação e análise de defeito de fundição em coletor de freio motor. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9599/1/LD_COEMA_2017_2_06%20.pdf

OLIVEIRA, Edson Bispo de; MAGALHÃES, Emerson de. Comparação entre os métodos de fabricação de um virabrequim: Fundição x Forjamento. ETEP Faculdades, 2011. <https://www.docsity.com/pt/comparacao-entre-os-metodos-de-fabricacao-de-um-virabrequim-1/4833293/>

PARANHOS FILHO, Moacyr. Gestão da produção industrial. Editora Ibpe, 2012.

RIGOLETTO, Kleber Ricardo et al. Otimização da polia do alternador para motores automotivos de veículos de passeio. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de fabricação. 2013. <http://www.swge.inf.br/siteCOBEF2013/anais/PDFS/COBEF2013-0331.PDF>

SANTOS, Anderson Sá Silva. Motores e combustão – Pistão. Universidade Estácio de Sá, 2018. <https://www.passeidireto.com/arquivo/46679715/pistao-materia-motores-estacio-de-sa>

SEIXAS, Emerson da Silva. Administração da produção e serviços. InterSaberes, 2020.

SILVA, Leonardo Chagas da. Avaliação do desgaste triboquímico de agulhas dos bicos injetores em motores diesel operando com biodiesel. 2015. Dissertação de Mestrado. Brasil. <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/22384>

SILVA, Roberto Carlos de Castro et al. Modelo matemático para cálculo da rotação do eixo do turbocompressor em um motor Diesel. 2011. http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/263391/1/Silva_RobertoCarlosdeCastro_M.pdf

TORSANI, Laisa Maria. Estudo da influência das variações do fluido de arrefecimento em motores de combustão a diesel. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10484>

VARELLA, Carlos Alberto Alves. Princípios de funcionamento dos motores de combustão interna. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014. http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/principios_de_funcionamento.pdf