

DANOS CAUSADOS AO MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA DEVIDO A SOBRETAXA DE COMPRESSÃO

OLIVEIRA, Wingriston Eller

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. wingristoneller@hotmail.com

JUNIOR, Almy de Sena Pequeno

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. almy_junior@hotmail.com

SANTOS, Juliano Batista dos Santos

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. juliano_daiane07@hotmail.com

GOMES, Fábio Souza

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. fabioengenheiromec@gmail.com

Resumo

O presente artigo relata os danos catastróficos gerados num motor, quando altera de forma imprudente a taxa de compressão do mesmo. A escolha do tema se justifica pela compreensão e observação dos autores de que são comuns as intervenções mecânicas que alteram a taxa de compressão do motor, através, principalmente, do aplainamento de cabeçote, que normalmente ocorre para corrigir o problema de empenamento do mesmo. Por outro lado, empenamento acontece quando o motor fica submetido a uma temperatura superior aquela que foi projetado para suportar, devido à falta de manutenção preventiva, deficiência no seu sistema de lubrificação ou resfriamento, até mesmo desatenção ou desconhecimento do usuário à análise dos parâmetros do motor e sinais de alertas emitidos no painel do carro. Para isso, avaliou o estado de um motor 2.0 Flexpower GM após intervenções mecânicas capazes de alterar a taxa de compressão e os motivos que levaram o proprietário do veículo a fazer este procedimento. O objetivo deste trabalho é avaliar os danos causados a um motor de combustão interna, mais especificamente os que trabalham de acordo com o ciclo Otto, quando estes são expostos a uma sobretaxa de compressão e através dos resultados, mostrar que não é recomendado a mudança estrutural do projeto nesse sentido e alertar para os riscos que tais mudanças podem acarretar. Com isso, por meio das análises teóricas, baseadas em revisões literárias, e evidências, foi possível concluir que por mais ínfimo que seja a mudança na taxa de compressão, o motor ficará sujeito a uma redução de sua vida útil ou até mesmo uma falha total em um período de tempo muito curto de uso, devido a suas tolerâncias dimensionais serem bastante estreitas.

Palavras-Chave: Motor a combustão interna; taxa de compressão; Danos ao motor.

1. Introdução

1.1. Breve histórico do motor a combustão interna

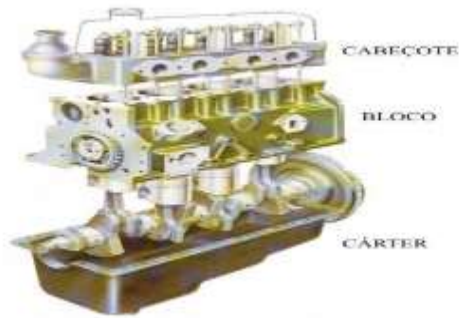
As primeiras tentativas de desenvolvimento de um motor ocorreram na segunda metade do século XVII, com o uso da pólvora para movimentar os pistões dentro de um cilindro. (TILLMANN, 2003). Após esta fase e ao longo do tempo, diversos motores foram criados através de ar quente, vapor, gás, até o primeiro motor a combustão interna, contendo um cilindro, idealizado por Jean Joseph em 1860. E em 1867, o motor concebido por Nikolaus Otto e Eugen Langen, cujo conceito do motor era de pistão livre é utilizado até hoje.

Com o advento do motor a combustão e suas aplicações principalmente no automóvel, diversas mudanças e intervenções ocorreram ao longo do século e foram necessárias para garantir o bom funcionamento e eficácia deste. O principal intuito dos estudos é melhorar de modo sistemático a competitividade industrial dos veículos, e até mesmo o aspecto sustentável destes (PIMENTA, 2014).

1.2. Principais partes do motor

A constituição de motores de combustão interna baseia-se nas partes principais: Cabeçote, Bloco e Cáster, que estão representadas na figura 1 a seguir, com o intuito de compreender estas partes:

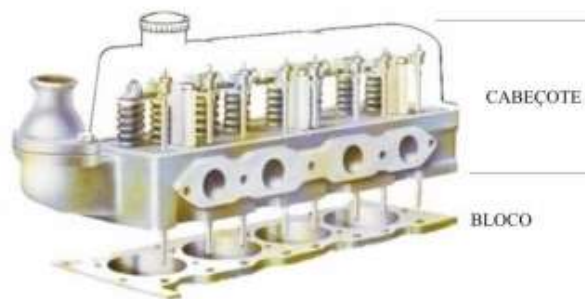
Figura 1: Partes do motor de combustão interna



Fonte [1]: Varella (2015).

Segundo Da Silva (2016), o cabeçote encontra-se na parte superior do motor, e em geral passam pelo resfriamento com água, sendo fabricado por ferro fundido, ou alumínio, quando necessitam ser mais leves, a figura 2 a seguir representa individualmente o cabeçote do motor, sendo o de um modelo de quatro tempos

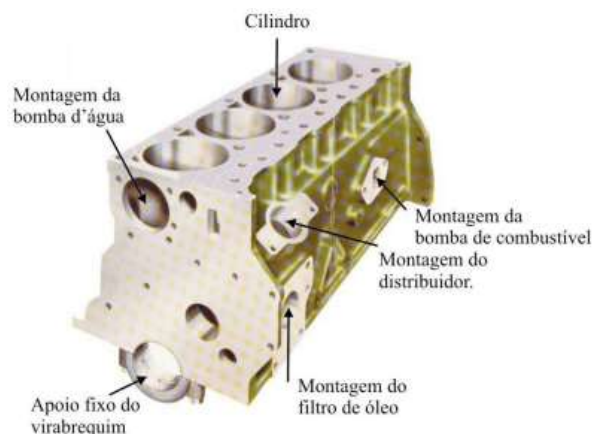
Figura 2: Cabeçote de um motor de quatro tempos



Fonte [2]: Varella (2015)

Da Silva (2016) pontua que o bloco do motor é o seu centro, também feito de ferro fundido, podendo ser associado a outros metais, visando a maior resistência da peça, pode ainda haver a associação de matérias primas em metais leves visando a redução do seu peso e elevar a dissipação calorífica, porém, requer o que o cilindro possua um revestimento de ferro fundido. A peça está ilustrada na Figura 3:

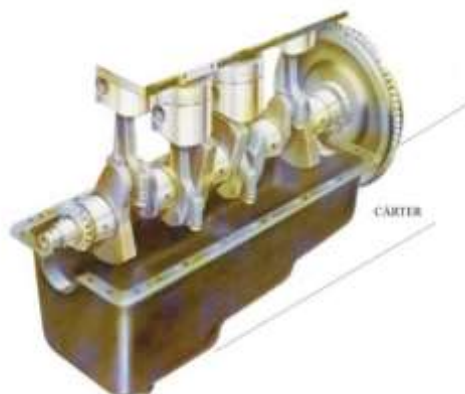
Figura 3: Bloco do motor de combustão interna



Fonte [3]: Varella (2015).

Por fim, o cárter é basicamente responsável pelo armazenamento de óleo lubrificante e situa-se na parte mais baixa do motor.

Figura 3: Cárter do motor



Fonte [4]: Varella (2015).

1.3. Princípio de funcionamento do motor e ciclo otto

O princípio de funcionamento do motor a combustão interna é transformar energia química do combustível em energia mecânica, a qual, depois de passar pelo sistema de transmissão e diversos componentes, movimentara as rodas do carro. Para Varella (2015), os motores são o conjunto mecânico capaz de transformar uma energia específica em energia mecânica, e estes são classificados conforme a energia que é capaz de converter. Com isso, tornou-se possível o transporte e locomoção de pessoas a distancias e velocidades significativas.

De acordo com Nascimento (2008), o motor a combustão interna de 4 tempos é usado na atualidade na maioria dos veículos, onde converte-se a energia concentrada na gasolina/álcool em movimento, denomina-se os motores dos veículos que assim funcionam como, motores de ciclo Otto, nome dado em homenagem a Nikolaus Otto seu inventor em 1867, a estrutura deste está demonstrado na figura 4:

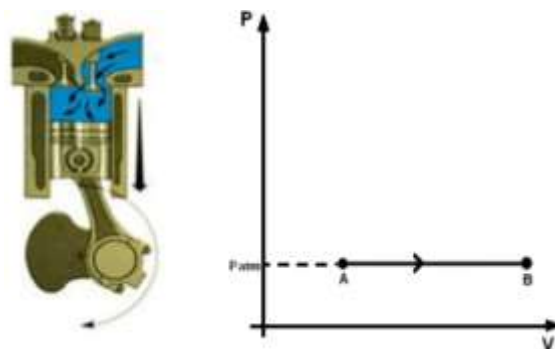
Figura 4: Estrutura de um motor de 4 tempos



Fonte [4]: Nascimento (2008).

Nascimento (2008) conceitua o Ciclo Otto como aquele em que os processos de combustão interna ocorrem a partir dos combustíveis álcool, gasolina ou flex de 4 tempos. O funcionamento deste inicia-se com a admissão da mistura, onde no 1º tempo ocorre a abertura da válvula de admissão, e o funcionamento baseia-se na pressão constante, onde a velocidade de avanço da mistura dos fluidos é similar à velocidade do pistão, e inicia-se o aumento do volume (processo isobárico (A→B)). A figura 5 ilustra esse processo:

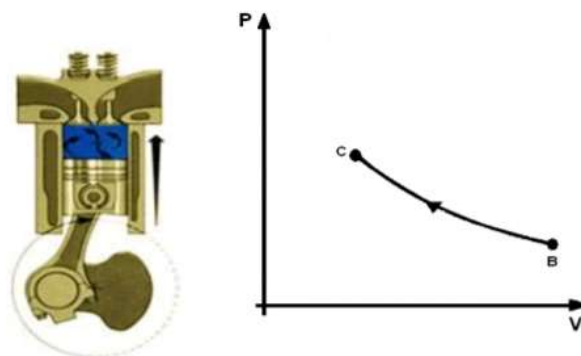
Figura 5: Admissão da mistura, 1º tempo



Fonte [5]: Nascimento (2008).

De acordo com Nascimento (2008), no 2º tempo ocorre a compressão da mistura, onde o pistão é convertido em energia interna da mescla dos fluidos que promovem pressão e temperaturas elevadas, a condição produz uma compressão adiabática, no entanto, o processo é extremamente rápido e há pouca troca de calor. O volume é reduzido conforme a pressão e a temperatura aumentam (B→C), esse processo está ilustrado na figura 6:

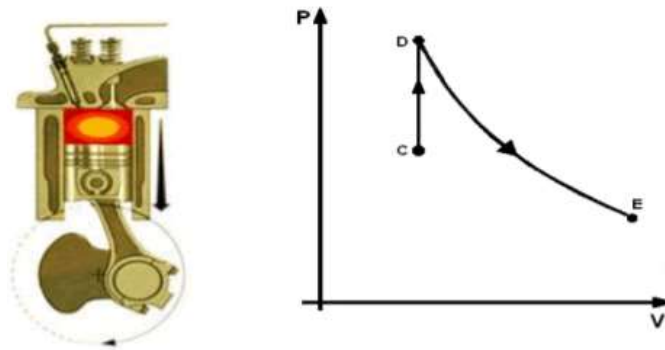
Figura 6: Compressão da mistura, 2º tempo



Fonte [6]: Nascimento (2008).

De acordo com Nascimento (2008), no 3º tempo ocorre a explosão da mistura e não há variação de volume, sendo a reação química extremamente rápida (não havendo movimento do pistão), há um aumento significativo da temperatura e pressão (C→D) conforme figura 8 posteriormente a explosão (D→E), o pistão desce com extremamente rápido, não há trocas de calor, assim, considera-se como uma expansão adiabática como ilustra a figura 7.

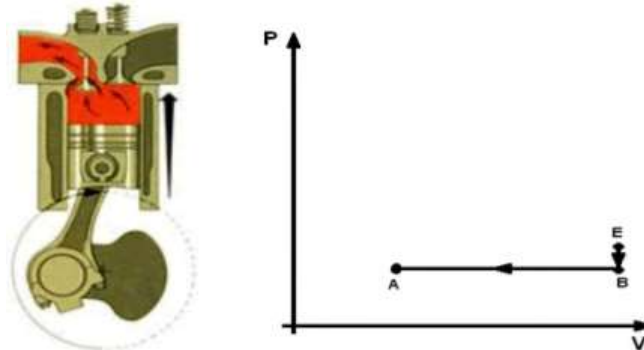
Figura 7: Explosão da mistura, 3º tempo



Fonte [7]: Nascimento (2008).

De acordo com Nascimento (2008), no 4º tempo ocorre o escape dos gases com a abertura da válvula no motor, onde há a variação da pressão e da massa da mistura, não há tempo para a mudança de curso do pistão e volume permanece inalterado, a descompressão é considerada isométrica, como ilustra a Figura 8, além disso, a exaustão dos gases ocorre no trecho, e a massa do gás constante no interior do cilindro reduz-se na mesma proporção que o volume e é considerado isobárico:

Figura 8: Exaustão dos gases, 4º tempo



Fonte [8]: Nascimento (2008).

Por fim, De acordo com Nascimento (2008), todos os processos descritos até o momento podem ser representados conjuntamente no diagrama P x V (figura 9) para o ciclo completo do motor a combustão interna (ciclo Otto).

Figura 9: Gráfico que representa o Ciclo Otto ideal completo



Fonte [9]: Nascimento (2008).

1.4. Taxa de compressão

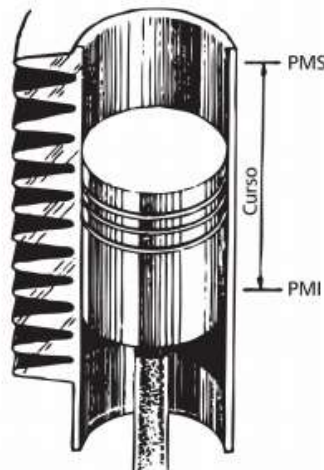
A câmara de combustão, De acordo com Tillmann (2013), é o espaço livre que fica acima do pistão, quando este se encontra no ponto morto superior (PMS). Neste espaço, a mistura ar/combustível, que entrou pela válvula de admissão, será comprimida e, após a faísca emitida pela vela de ignição explodirá para que a expansão dos gases movimente o pistão e de sequência ao movimento do motor.

Quanto a taxa de compressão, De acordo com Tillmann (2013) é uma simples relação matemática que indica quantas vezes a mistura ar/combustível é comprimida dentro da câmara de combustão, antes que inicie o processo de queima, ou seja, consiste na “razão do volume no interior do cilindro quando o pistão está em ponto morto inferior em comparação com quando ele está em ponto morto superior” (SANTOS, 2018).

Assim, compreende-se que quanto maior a taxa de compressão mais eficiente é considerada o motor e menor o consumo de combustível em determinada potência, o que permite melhor aproveitamento energético, aumentando o rendimento e permitindo maior temperatura de combustão para uma quantidade de combustível. Todos os componentes que atuam na formação da câmara de combustão ou ao seu redor influenciam diretamente em sua eficiência como posição das válvulas e o desenho dos ductos de admissão, por exemplo (TILLMANN, 2003).

Do ponto de vista termodinâmico, a taxa de compressão é diretamente responsável pelo rendimento térmico do motor. Assim, quanto maior a taxa de compressão, melhor será o aproveitamento energético que o motor estará fazendo do combustível consumido.

Figura 11: Figura representando o curso do pistão.



Fonte [11]: Nascimento (2008)

1.5. Justificativa e objetivo do tema

O motor é um equipamento mecânico, sendo este passível de falhas e diversos tipos de manutenção: Corretiva, preventiva, preditiva, detectiva etc., que devem ser adotadas ao longo de sua vida útil, faz-se necessário que os mecânicos que efetuarem estes tipos de manutenções ou correções sejam capacitados tecnicamente para o fim que se destina, pois intervenções mal sucedidas poderão acarretar danos ao funcionamento do motor, ou, até mesmo, um colapso total deste.

A escolha do tema do artigo se justifica pela compreensão e observação dos autores de que as intervenções mecânicas no cabeçote são bastante populares, tendo em vista que este é um dos elementos mais suscetíveis a reparos, devido a problemas estruturais, fluxo de calor e escoamento de fluido em uma forma complexa, com isso se alguma manutenção no cabeçote alterar volume da câmara de combustão poderá acarretar danos irreparáveis ao motor. As intervenções mecânicas que podem sobretaxar o motor são erros de posicionamento de velas, bicos injetores, válvulas de escape e admissão, mudança da espessura da junta do cabeçote, formato da cabeça do pistão e, principalmente, aplainamento do cabeçote.

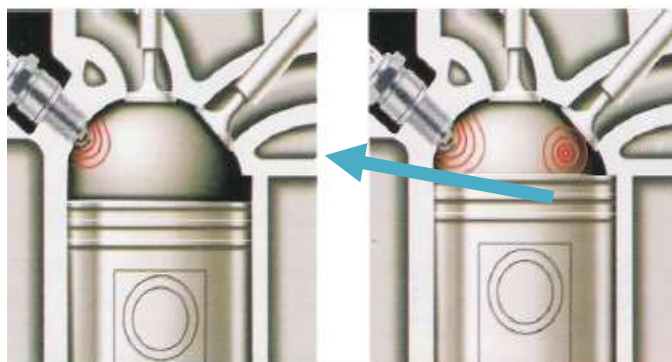
Objetivo é avaliar os danos causados a um motor de combustão interna, mais especificamente os que trabalham de acordo com o ciclo Otto, quando estes são expostos a uma sobretaxa de compressão, conscientizar o leitor que não é recomendada a mudança estrutural do projeto nesse sentido e alertar para os riscos que tais mudanças podem acarretar. Com isso, o artigo irá expor as principais consequências de intervenções mecânicas que sobretaxam o motor; Verificar a elevação dessa taxa através de cálculos; e Analisar os possíveis danos causados ao motor quando houver elevação fora do limite de tolerância na taxa de compressão. Assim, entende-se que este trabalho é de importância acadêmica e social para a compreensão do processo de sobretaxamento, análise de danos e riscos a esta prática.

2. Revisão de Literatura

2.1. Detonação e Pré-ignição

A detonação do motor, De acordo com Fernandez (2006) consiste em um fenômeno ocorrido no interior da câmara de combustão, e se caracteriza por duas chamas que se encontram, iniciadas pela vela de ignição (que encontra-se do lado esquerdo – congruente com o início de combustão normal), e a outra chama gerada por um ponto de calor intenso que ocorre no interior da câmara de combustão (em geral do lado direito – sendo um início de combustão não espontâneo), conforme ilustra a figura 11:

Figura 11: Detonação - o encontro de duas chamas no interior da câmara de combustão.



Fonte [11]: Fernandez (2006)

Ainda de acordo com Fernandez (2008) os efeitos da detonação variam de acordo com a duração e intensidade, se moderado, não gera alterações significativas, porém, se for intensa danificará o motor, podendo torna-lo inoperante, causando danos como: empenamento e derretimento dos pistões, erosão do cabeçote, quebra dos anéis de pistão e erosão na cabeça do pistão.

Figura 12: Registro fotográfico da quebra de um pistão sobre efeito da detonação



Fonte [12]: Fernandez (2008)

Por outro lado, ainda existe o efeito da pré-ignição, o qual ocorre quando um ponto qualquer dentro do cilindro inicia a combustão da mistura de ar e combustível antes da vela de ignição, ou seja, na pré-ignição a vela tem seu início de queima retardado.

“Pré-ignição: a pré-ignição provoca a queima da mistura antes do tempo normal de combustão (muito cedo), ao contrário da detonação que a atrasa. A pré-ignição ocorre quando a mistura ar/combustível é queimada por uma fonte não controlada antes de ser ignizada pela faísca da vela. A pré-ignição pode destruir um motor em minutos. Ela provoca uma reação muito rápida da mistura ar/combustível porque ela cria duas frentes de chama sendo queimadas simultaneamente. Isto gera altas temperaturas, às vezes acima de 2200°, e ao mesmo tempo, as pressões de pico são aproximadamente o dobro (cerca de 8200 kPa contra 4100 kPa) das pressões de combustão normal”. (MALPICA, 2007)

2.2. Octanagem do combustível

Para correta compreensão do objetivo do artigo, tem que levar em consideração a octanagem do combustível, a qual é o índice que expressa a resistência do carburante a detonação, ou seja, quanto um combustível pode suportar em determinada compressão sem que se exploda espontaneamente.

A gasolina, por exemplo, de acordo com Nascimento (2008), possui uma baixa octanagem, ou seja, não resiste a uma alta taxa de compressão, em estado normal possui por volta de 87 octanas (87% de octana e 13% de heptano) e taxa de compressão variando de 9:1 a 10:1. Com isso, caso a taxa de compressão do motor seja superior a esta faixa ocorrerá uma autoignição, causando um contra golpe no eixo de manivelas (os gases ocorre em sentido contrario ao movimento do pistão, desacelerando-o ou parando-o por completo, com isso diminuindo a eficiência do motor e, conseqüentemente, a vida útil do mesmo) e, conseqüentemente, todos os defeitos já mencionados pelo fenômeno da pré-ignição.

O uso do etanol, como combustível, reduzirá a chance de pré-ignição, caso o motor esteja sobretaxado, pois este carburante possui uma taxa de compressão em torno de 10,5:1 a 13:1.

2.3. Cilindrada

Uma das características importantes a ser analisada em um motor é a sua cilindrada que, de acordo com Fernandez (2006), é o volume total deslocado pelo pistão em seu curso, entre o ponto morto inferior (PMI) e o ponto morto superior (PMS), multiplicado pelo número de cilindros do motor. É indicada em centímetros cúbicos (cm³) ou em litros e tem a seguinte fórmula.

3. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do artigo foi o estudo do princípio de funcionamento do motor, relações energéticas desempenhadas pelo mesmo durante seu funcionamento e, por fim, tendo como objetivo principal, a mudança estrutural causada pela sobretaxa de compressão e suas possíveis consequências.

Em relação a mudança estrutural, foi feito um estudo de caso onde analisou-se um motor 2.0 flexpower GM, equipando um Vectra ano 2009, onde todos os dados técnicos são demonstrados na tabela 01, após o aplainamento do cabeçote.

Tabela 1: Ficha técnica do motor do Vectra 2.0, 4 cilindros em linha, 8 válvulas; flexpower

Diâmetro x Curso do motor	86x86 mm
Cilindrada	1.998 cm ³
Taxa de compressão	11,3:1
Potência Máxima (ABNT) / Regime	18,3 kgfm (8r9,2 Nm) / 2.600 rpm (gasolina)
Eixo de comando de válvulas	Um no cabeçote
Número de válvulas por cilindro	2

Fonte[1]: <https://reparador.chevrolet.com.br/>

3.1. Equações

As equações utilizadas para esse artigo foram o calculo do volume câmara de combustão, altura da câmara de combustão e taxa de compressão.

Para encontrar o volume da câmara de combustão utilizou-se a fórmula descrita abaixo (1), onde V_c é o Volume da câmara de combustão, V_{ci} representa o volume de um cilindro e T_c a taxa de compressão.

$$V_c = \frac{V_{ci}}{T_c - 1} \quad (1)$$

Para determinar a altura da câmara (h) é a equação para cálculo do volume de uma figura geométrica, onde V_c é o volume da câmara de combustão e d o diâmetro da base da câmara.

$$h = \frac{4V_c}{\pi d^2} \quad (2)$$

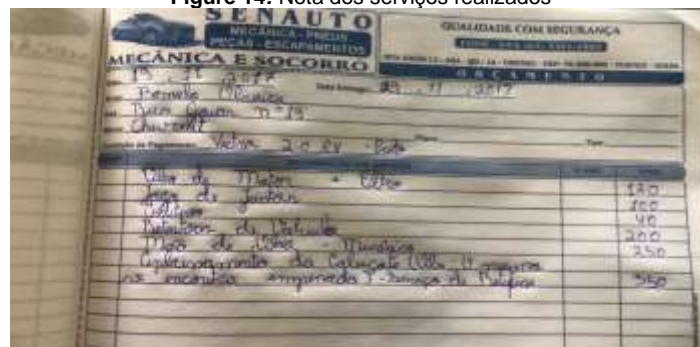
Por fim, a equação utilizada para determinar a taxa de compressão é mostrada abaixo (3), onde T_c e a taxa de compressão V_{ci} o volume do cilindro e V_c o volume da câmara de compressão.

$$TC = \frac{V_{ci} + V_c}{V_c} \quad (3)$$

4. Estudo de caso

O Estudo de caso analisou um veículo Vectra motor 2.0 Flexpower GM, ano 2009, modelo 2010, 140 cavalos, equipado com transmissão automática, com quilometragem no ato da ocorrência em 84.000 Km, do município de Itapaci-GO, e visou identificar e descrever as causas que induziram o motor a se desintegrar completamente após rodar cerca de 150 quilômetros após uma manutenção feita por uma empresa (oficina mecânica) cuja identificação será preservada.

Figure 14: Nota dos serviços realizados



Fonte [14]: O autor

O intuito inicial do serviço era uma manutenção corretiva, pois o veículo chegou guinchado na oficina e o proprietário relatou que o motor não estava funcionando e que frequentemente completava o reservatório de água. Primeiramente, encontrou a origem do problema, que era uma mangueira do sistema de arrefecimento trincada. Houve a desinstalação completa do motor e certificou que o cabeçote havia empenado, devido ao problema de arrefecimento. Com isso, sugeriu ao proprietário a compra de um novo cabeçote ou o aplainamento do que estava empenado. Tendo em vista, que a segunda opção era a menos onerosa e sem saber dos riscos que tal prática poderia acarretar, o dono do vectra optou pelo aplainamento. E de acordo com a figura 14, houve o desgaste de 0,1cm da base do cabeçote. O motor foi reinstalado, e liberado para uso, após rodar aproximadamente 150 Km, o veículo apresentou um “estouro” no motor, conforme figura 14.

Figura 15: Registro fotográfico do momento da quebra do motor e o resgate sendo feito. Pode-se verificar, em destaque, as manchas de óleo do motor deixadas no asfalto.



Fonte[15]: O autor

Após a ocorrência da quebra do motor, o veículo foi novamente conduzido à oficina, e posteriormente desmontado sendo possível realizar os seguintes registros fotográficos (Figuras 16 à 19):

Figura 16: Registro fotográfico da ruptura lateral longitudinal do bloco do motor, em vista lateral.



Fonte[16]: O autor

Figura 17: Registro fotográfico da ruptura lateral do bloco do motor, em vista inferior.



Fonte[17]: O autor



Figura 18: Registro fotográfico da ruptura lateral do bloco do motor, em vista lateral



Fonte[18]: O autor

Figura 19: Registro fotográfico da ruptura de uma biela, e desintegração total de outra. Percebe-se que um pistão, segundo da foto (esquerda para direita), fundiu-se quase por completo.



Fonte[19]: O autor

4.2 Resultados e discussão

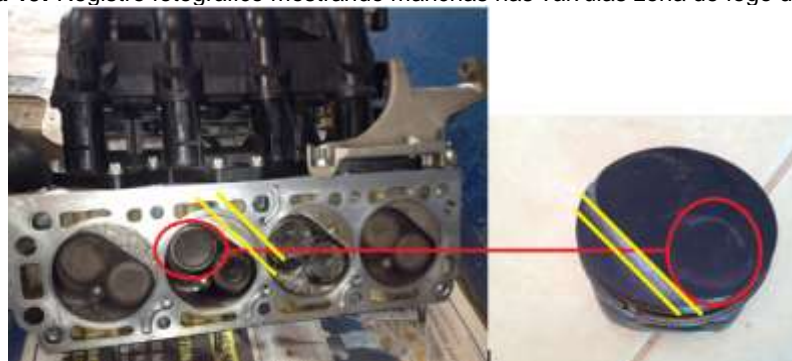
O diagnóstico do motor teve como premissa a manutenção corretiva feita no cabeçote. Através dos dados do fabricante do motor e com o auxílio das equações demonstradas, após o aplainamento do cabeçote mudaram os valores do volume da câmara de combustão, altura da câmara de combustão e, conseqüentemente, a taxa de compressão, que antes eram de 47,57 cm³, 0,81 cm e 11,65:1 respectivamente, para 41,24cm³, 0,71cm e 13,11:1.

Com isso concluiu que o desgaste gerado na base do cabeçote de apenas um milésimo, gerou um incremento na taxa de compressão de 11,65:1 para 13,11:1, culminando de maneira devastadora no funcionamento do motor.

Desse modo, as velas o motor pode ter trabalhado com deficiência na troca térmica, ocasionado pela detonação e pré-ignição do combustível e excesso de temperatura, evidenciado pela fundição dos elementos que compõe o motor, e todas essas teses baseiam-se também nas evidências mostradas na figura 19, onde percebe que as válvulas de admissão e escape trabalhavam extremamente próximas a base do cabeçote, deixando marcas de funcionamento na cabeça do pistão que não foi desintegrado e o cilindro 03 completamente fundido.

Portanto, com isso, pode se afirmar que este motor foi sobretaxado devido a uma mudança estrutural exacerbada, onde não se levou em conta os limites do projeto.

Figura 19: Registro fotográfico mostrando manchas nas válvulas zona de fogo do pistão



Fonte[19]: O autor

. Deste modo, a elevada taxa de compressão gerou uma abrupta explosão, ocasionando a quebra de um dos pistões, que pela força inercial de giro do motor foi calço de ancoragem para a quebra das bielas, do bloco e demais pistões e peças internas do motor.

5. Conclusão

Através de todo o desenvolvimento do artigo evidencia-se que qualquer serviço realizado no cabeçote de um motor a combustão interna, torna-se muito delicado, pois se houver alguma alteração no tamanho da câmara de combustão, esta modificação poderá condenar todo o conjunto. Vale ressaltar também que não somente o aplainamento do cabeçote ocasionará uma sobretaxa no motor, mais também se as válvulas de admissão, escape ou a vela de ignição forem instalados de maneira incorreta, ocupando parte do volume da câmara, poderá ocasionar o mesmo problema.

Por fim, qualquer alteração estrutural que negligencia os limites do projeto, muito provavelmente acarretará em uma falha do equipamento, gerando, em menor escala, prejuízos financeiro e, dependendo da situação que ocorrer a falha, colará em risco a vida de pessoas. Por isso, não é recomendado à mudança da taxa de compressão, ou qualquer outra alteração de projeto, seja no motor ou no carro como um todo, pois vidas são bens imensuráveis e tudo aquilo que a coloca em risco deve ser fiscalizado por órgãos competentes e doutrinas devem ser disseminadas contra essas praticas, pois, na maioria dos casos, os reparadores automotivos e tão poucos os usuários sabem da gravidade que a mudança da taxa de compressão representa.

6. Referências

[1] MALPICA, Luís Gustavo Torquato. **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**. 2007.

[2] TILLMANN, Carlos Antônio da Costa. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Pelotas: Instituto Federal de educação ciência e tecnologia, 2013.

[3] FERNANDEZ, Breno Ortega. **Considerações sobre outros empregos do sensor de detonação para o controle eletrônico de motores Ciclo Otto utilizando análise espectral**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo

[4] NASCIMENTO, Joel Henrique Silva do Nascimento. **ESTUDO DOS PROCESSOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NOS MOTORES QUE UTILIZAM COMO COMBUSTÍVEL ÁLCOOL E GASOLINA (CICLO OTTO)**. Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Católica de Brasília para obtenção do Grau de Licenciado em Física, Brasília, 2008. 68p.

[5] PIMENTA, B.A. **Influencia dos parâmetros de projeto em um motor a combustão interna**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014, 73p.

[6] SANTOS, William Reis dos. **Motores de taxa de compressão variável**. Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André. Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, Santo André, 2018. 54p.

[7] SCHULZ, Daniel. **Motores de combustão interna**. Programa de Mestrado Profissional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/combustao_interna.htm>. Acesso em 4 de Abril de 2016.

[8] VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Constituição dos motores**. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro IT – Departamento de Engenharia. Disponível em: <http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/constituicao_dos_motores.pdf>. Acesso em 3 de abril de 2016