

UM ESTUDO SOBRE OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DO TURBOCOMPRESSOR EM VEÍCULOS AUTOMOTORES A COMBUSTÃO INTERNA DE CICLO OTTO

Guilherme Goulart Mendes¹
Leandro de Oliveira Souza Nunes²

Resumo: Com o passar do tempo, os meios de locomoção foram atualizando e ganhando modificações internas e externas. Uma dessas alterações foi o surgimento do motor a combustão interna ciclo Otto, capaz de fornecer movimento para as rodas motrizes através do trabalho gerado pelos pistões decorrente da queima do combustível que acontece no interior no motor. Logo após, surgiu um mecanismo chamado turbocompressor, que tem a função de elevar a pressão de admissão do motor através do mecanismo de sobrealimentação, acarretando em uma combustão com um volume maior de ar e combustível. Nesse sentido, o objetivo geral desse estudo foi analisar os benefícios obtidos através da aplicação de turbocompressores em veículos automotores a combustão interna; os objetivos específicos foram (i) descrever o funcionamento dos motores a combustão interna ciclo Otto; (ii) relatar a técnica utilizada pelas montadoras e (iii) mencionar a performance dos turbocompressores. Para alcançar os objetivos, foi realizada uma pesquisa qualitativa, de natureza descritiva, no formato de entrevista, sendo composta por quatro perguntas que foram realizadas para um especialista na área. Previamente, um levantamento bibliográfico para guiar a elaboração das perguntas e a confecção do trabalho foi realizado. Após a realização da entrevista os dados foram analisados de forma qualitativa. O presente trabalho apresentou conceitos de suma importância que explicam o funcionamento dos motores a combustão interna ciclo Otto turboalimentados. Conclui-se que a sobrealimentação traz certos benefícios, tais como a diminuição da cilindrada e consequentemente haverá um aumento no rendimento e performance, menor consumo de combustível e menos emissões de poluentes na atmosfera.

Palavras-chave: Ciclo Otto; Turbocompressores; Combustão; Sobrealimentação; Performance.

Abstract: Over time the way of transportation were being updated and got inside and outside modifications, which one of these were the emergence of the Otto cycle internal combustion engine, which provides movement to the wheels through the work created by the pistons due to the gas flaring that occurs inside the motor. After that, a mechanism called turbocharger was created to elevate the intake pressure through the supercharging engine result in burning with a greater air and gas volume. In this sense, the general objective of this study was to analyze the benefits obtained through the application of turbochargers in internal combustion automotive vehicles; the specific objectives were described in the operation of engines in the Otto cycle internal combustion, to report the technique used by the automakers, to mention a performance of the turbochargers. To achieve the objectives, a qualitative, descriptive research was carried out in the interview, consisting of four questions that were asked to an expert in the field. Previously, a bibliographic survey to guide the preparation of the questions and the preparation of the work was carried out. After conducting the interview, the data were qualitatively. The present work presents extremely important concepts that explain the functioning of engines in the turbocharged Otto cycle internal combustion engines. It is concluded that overfeeding brings certain benefits, such as the reduction of the displacement and, consequently, there will be a yield and performance, less fossil consumption and less concession of pollutants in the atmosphere.

¹ Graduando do curso de Engenharia Mecânica, da Faculdade Ciências da Vida. E-mail: guigoulart92@gmail.com

² Especialista em Engenharia de Automação Industrial e Eletrônica Industrial (UNYLEYA), Docente em Engenharia Mecânica, da Faculdade Ciências da Vida. E-mail: leonunesdesign@gmail.com

Keywords: Otto cycle; Turbocharger; Burning; Supercharging; Performance.

1. INTRODUÇÃO

Os automóveis contemporâneos utilizam motores a combustão interna de ciclo Otto em sua estrutura interna, incluindo quatro fases em seu funcionamento, acarretando em um trabalho proveniente da combustão ar/combustível. Essa atividade ocorre devido às etapas de admissão, compressão, combustão e escape realizadas pelos conjuntos mecânicos presentes no interior do motor. Em razão do avanço da tecnologia automotiva, a procura por veículos mais ecologicamente corretos e mais potentes tem crescido consideravelmente nas últimas décadas, fazendo com que as montadoras desenvolvessem componentes mecânicos capazes de gerar essas melhorias (MOREIRA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o presente trabalho aborda um estudo sobre a utilização de turbocompressores presentes nos motores ciclo Otto no aprimoramento da performance do veículo. Com isso, propõe-se a seguinte questão norteadora: quais as vantagens de se utilizar a sobrealimentação em veículos automotores? Para tal, o estudo tem como objetivo geral analisar os benefícios obtidos através da aplicação de turbocompressores em veículos automotores a combustão interna. Dentre os objetivos específicos, destacam-se: (i) descrever o funcionamento dos motores a combustão interna ciclo Otto; (ii) relatar a técnica utilizada pelas montadoras; e (iii) mencionar a performance dos turbocompressores. A fim de sanar as metas de pesquisa estabelecidas, uma pesquisa qualitativa, com natureza descritiva, foi realizada, utilizando-se dos métodos de pesquisa bibliográfica e de entrevista com um especialista na área.

Diante desse escopo, justifica-se a elaboração desse estudo com o intuito de compreender os benefícios da utilidade dos turbocompressores em veículos que possuem motores a combustão interna que, por sua vez, estão sendo adotados em algumas montadoras de automóveis. Estes meios diminuem o consumo de combustíveis, como o etanol e a gasolina, por consequência, emitindo menos poluentes na atmosfera e, assim, gerando vantagens tanto para a indústria como também ao meio ambiente.

Destarte, o presente artigo foi estruturado em quatro seções, sendo elas: introdução, onde consiste em apresentar a questão norteadora, o objetivo geral e específicos, metodologia e, finalmente, a justificativa. Em sequência, apresentam-se o referencial teórico para embasamento do projeto e, adiante, a apresentação e discussão de resultados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Motores a combustão interna

Os motores a combustão interna estão substancialmente presentes no cotidiano, uma vez que os seres humanos dependem destas máquinas para usufruir de uma liberdade de locomoção mais rápida e segura, ou ainda como uma oportunidade de transportar suprimentos para qualquer lugar do planeta. Atualmente, nota-se que os motores a combustão interna passaram por diversas transformações, desde o seu surgimento através da máquina a vapor, tornando-o mais usual nos veículos automotores, sendo alguns deles; motos, carros, caminhonetes, caminhões, carretas, aviões, trens, barcos e navios (SALOMAO, 2018).

Nesse contexto, as máquinas térmicas são equipamentos que transformam a energia proveniente da queima de ar ou combustível em energia mecânica, ou seja, o calor que é gerado através desta explosão será transferido em forma de trabalho para o motor, acarretando em um movimento do veículo, sendo ele de força ou velocidade (GONÇALVES *et al.*, 2018).

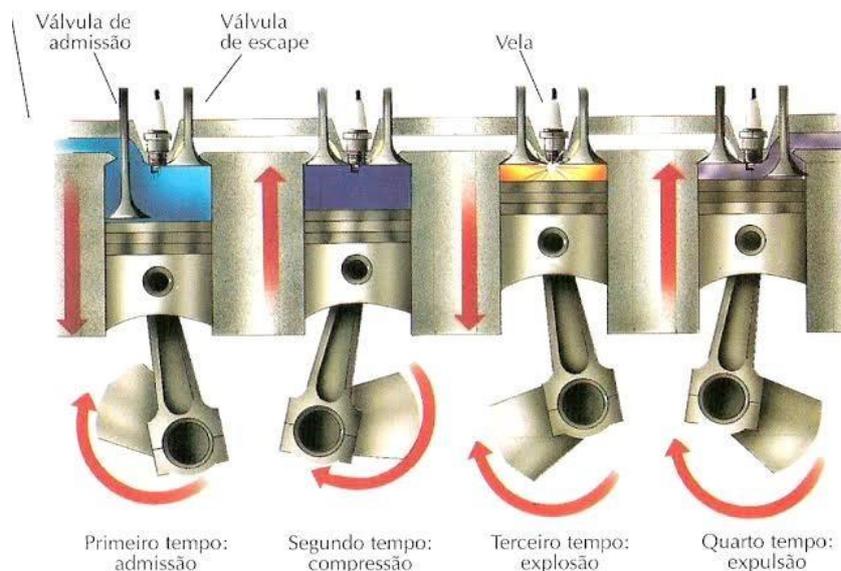
2.1.1 Motor ciclo Otto

Nikolaus August Otto foi um engenheiro, físico e inventor alemão que desenvolveu e patenteou o ciclo Otto em 1876, levando-o a ganhar a medalha de ouro na Exposição de Paris do mesmo ano. Os motores a combustão interna ciclo Otto possuem quatro tempos em seu funcionamento, são eles: admissão, compressão, combustão e escape. Esses estágios são fundamentais na produção de energia (calor) que, posteriormente, será transformada em trabalho para o motor (MOREIRA *et al.*, 2019).

Na fase de admissão, o pistão move-se do ponto morto superior (PMS) para o ponto morto inferior (PMI), acarretando na abertura da válvula de admissão e permitindo a entrada do ar/combustível dentro da câmara de combustão. Na fase seguinte, verifica-se a compressão desse fluido, onde o pistão desloca-se do PMI para o PMS; portanto, a válvula de admissão será fechada com o intuito de vedar o cilindro, para que a mistura ar/combustível não escape. No terceiro tempo, destaca-se a etapa de combustão, na qual, instantes antes do pistão chegar ao ponto morto superior, o sistema de ignição produzirá uma centelha onde ocorrerá uma inflamação no combustível dentro da câmara. Conseqüentemente, os gases provenientes da

queima empurrarão o pistão para o ponto morto inferior. No quarto e último estágio do processo, surge a etapa de escape, cujo o pistão se desloca do PMI para o PMS, abrindo a válvula de escape e, resultantemente, expulsando os gases queimados para fora do cilindro (MOREIRA *et al.*, 2019). O processo pode ser resumido conforme o ciclo de trabalho do motor demonstrado na figura abaixo:

FIGURA 1 - Estudando os motores de combustão interna: ciclo de trabalho do motor



Fonte: Adaptado de INFOENEM (2019)

Durante essas quatro etapas que o motor desempenhou, apenas uma delas efetuou o trabalho no sistema devido ao funcionamento da árvore de manivela, pois, a cada tempo do motor, a árvore gira meia volta (180°). Em outras palavras, para completar os quatro estágios do motor serão necessárias duas voltas do vira-brequeim. Esse trabalho é, então, transferido às rodas motrizes dos veículos por meios de transmissões, eixos, diferenciais, fazendo-o entrar em movimento (MOREIRA *et al.*, 2019).

2.2 Downsizing

O termo *Downsizing*, que significa “achatamento” ou “diminuição de tamanho”, surgiu nos Estados Unidos com o propósito de reduzir custos pelos administradores, porém, com o passar do tempo, essa ferramenta foi sendo utilizada em outros ramos, como, a título de exemplo, no setor automobilístico. Esta técnica é comumente utilizada nessa área a fim de

cumprir às normas cada vez mais rigorosas perante as emissões de gás carbônico expelidos dos escapamentos veiculares (ASSIS *et al.*, 2016).

Na verdade, o *downsizing* resulta de uma adequação no cenário automotivo às solicitações dos consumidores por carros cada vez mais econômicos e potentes. Com efeito, o propósito principal é reduzir a cilindrada do motor, aumentando consideravelmente o torque e potência do mesmo, fazendo com que a resposta do acelerador seja associada ao menor consumo de combustível e maior desempenho do veículo. Para tal, as montadoras estão utilizando essa técnica juntamente com o sistema de sobrealimentação ou turbocompressores (ASSIS *et al.*, 2016).

2.3 Turbocompressores

Logo após Nikolaus Otto ter construído os motores a quatro tempos, um engenheiro chamado Alfred Büchi inventou um sistema cujo aproveitava as energias dos gases expelidos do motor, para obter-se uma admissão mais volumétrica, chamamos esse sistema de turbocompressores em 1905. Na época, a sobrealimentação era utilizada apenas em motores de grande porte, tais como: locomotivas, navios, aviões. Essa tecnologia foi desenvolvida para veículos menores no período das duas guerras mundiais, quando surgiram os primeiros motores turbo acoplados nos caminhões (LAVARDA; LODETTI, 2019).

2.3.1 Funcionamento do turbocompressor

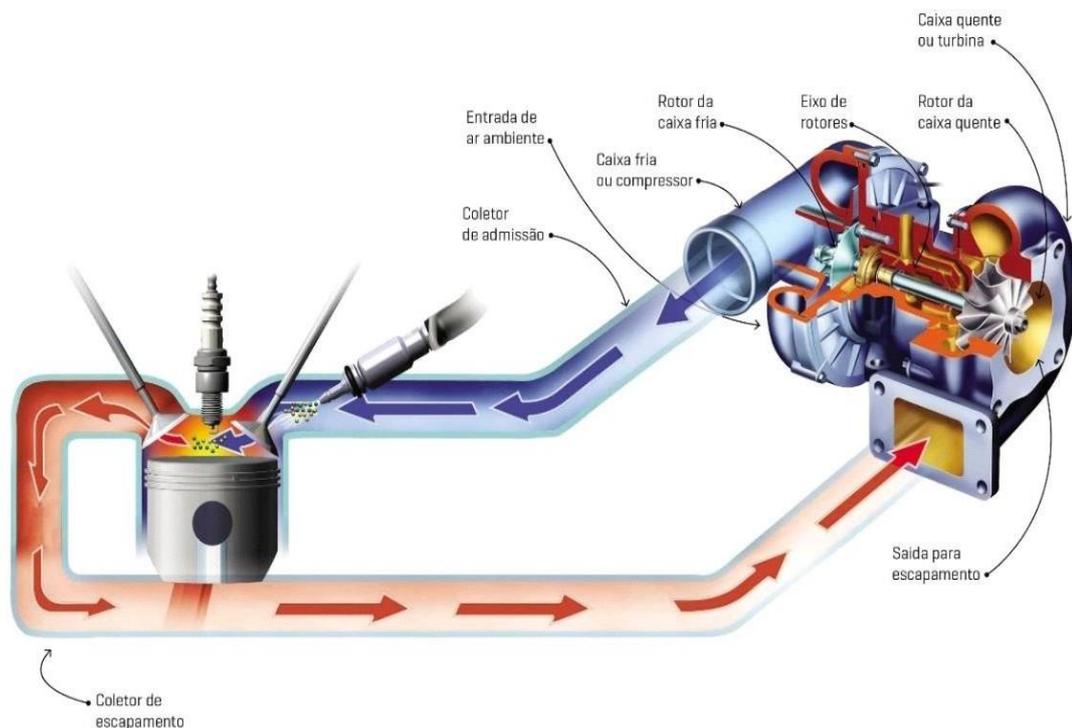
O turbo é um mecanismo acoplado ao motor que tem a função de comprimir os gases provenientes da queima do combustível e admiti-los novamente, já que este dispositivo é composto por uma parte quente (turbina), uma parte fria (compressor) e um eixo interligando esses dois rotores. O princípio de funcionamento do turbo compressor é através dos movimentos gerados pelos rotores localizados tanto na parte quente, quanto na parte fria (GONÇALVES *et al.*, 2018).

Os gases que são expelidos através do escape passam pela turbina, fazendo com que a mesma movimente o eixo acoplado e, por conseguinte, a outra parte desse conjunto (compressor). Quando a parte fria é acionada, o ar que é sugado para dentro do mecanismo irá passar por um processo de compressão, na qual aumentará a sua densidade. Logo após, o ar

será encaminhado para o duto de admissão, aumentando a quantidade de massa (ar/combustível) dentro do cilindro. Esse volume extra proporciona um aumento no desempenho do motor, devido ao “reaproveitamento” dos gases provenientes da queima (LAVARDA; LODETTI, 2019).

A atividade realizada pelo turbocompressor gera uma determinada pressão sobre o sistema e, de certa forma, essa força é necessária para que aconteça o processo de captação e compressão do ar. Por sua vez, se houver uma pressão elevada dentro do sistema, o excesso de ar presente resultará em um mal funcionamento do rotor, provocando uma fadiga do mecanismo. Desse modo, foi desenvolvida uma válvula chamada *wastegate*, ou válvula de alívio cuja função é regular a pressão que sai no coletor de escape para que, em seguida, adentre no turbo, permitindo uma melhor combustão e eficiência em baixas rotações (GONÇALVES *et al.*, 2018). A figura 2, abaixo, demonstra esse funcionamento do turbocompressor demonstrado na figura 2:

FIGURA 2 - Funcionamento de um turbocompressor



Fonte: Adaptado de CAVALCANTE (2016, n.p.)

Como todo sistema possui falhas, no turbocompressor não é diferente. Essa adversidade é chamada de *turbolag*, que consiste no tempo necessário para alterar a potência em resposta a

uma mudança no acelerador. Isso significa que o rendimento da sobrealimentação não será efetuado com o potencial máximo desejado (RAMESH *et al.*, 2017).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de uma entrevista semiestruturada com um profissional na área, que trabalha em uma empresa especializada em turbocompressores situada na cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais, há mais de 15 anos. Para nortear a estruturação da pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico de artigos nacionais e internacionais, publicados entre os anos de 2016 a 2021, para entendimento do tema e guiar na elaboração das perguntas de partida. Gil (2008) afirma que “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

O estudo possui uma abordagem qualitativa e natureza descritiva. Nesse sentido, a entrevista semiestruturada permite ao entrevistado dissertar sobre diversos assuntos referente ao tema, sem que o mesmo fique refeito a determinadas perguntas realizadas pelo pesquisador, promovendo um diálogo flexível.

O encontro com o entrevistado durou aproximadamente 3 minutos, quando foram levantadas algumas perguntas referentes ao mecanismo que é utilizado na sobrealimentação dos motores ciclo Otto atualmente e que vem sendo usufruído no mercado automobilístico. Essa reunião teve como objetivo esclarecer os benefícios obtidos através da aplicação do turbocompressor em veículos automotores a combustão interna presente no ciclo Otto. Portanto, foram indagadas as seguintes perguntas:

1. Quais as vantagens de se utilizarem a sobrealimentação em veículos automotores?
2. Os motores turbos são o futuro dos automóveis?
3. Qual é a técnica que as montadoras adotaram para utilizarem cada vez mais os turbocompressores?
4. Por que o álcool melhora o rendimento desse mecanismo?

Logo após o término da entrevista, os dados anotados foram transcritos para, em seguida, prosseguir com uma análise qualitativa a partir das respostas do entrevistado.

4. ANÁLISE DE DADOS

O presente estudo teve como objetivo relatar os benefícios obtidos através da aplicação do turbocompressor em veículos automotores a combustão interna presente no ciclo Otto, cuja coleta de dados se baseou, fundamentalmente, em uma entrevista semiestruturada, com perguntas discursivas roteirizadas, a um especialista. Após uma breve apresentação de ambas as partes, o entrevistado discorreu o tema proposto na entrevista, relatando inúmeras vantagens da utilização de turbocompressores em veículos automotores, destacando-se o ganho de potência exercido pelo motor em função desse mecanismo comprimir os gases provenientes da queima do combustível e admiti-los novamente. Em suma, ele utiliza uma energia que seria “desperdiçada” no fluxo de escapamento e a transforma em potência para o veículo, gerando um rendimento maior, assim como é visto na literatura (LAVARDA; LODETTI, 2019).

Igualmente, o entrevistado relatou que outra vantagem da utilização deste mecanismo é a redução do consumo de combustível, propiciado pela diminuição da quantidade de cilindros dentro do motor, gerando um volume cúbico menor (DIJKSTRA *et al.*, 2012). Essa queima da mistura “ar-combustível” injetada no cilindro será melhor, devido ao fornecimento de mais oxigênio pelo turbo no processo de compressão/combustão e, conseqüentemente, emitindo menor quantidade de gases poluentes. Além do impacto ambiental positivo, esse método reduz os abrasivos que vão acumulando nos mecanismos pertencentes ao processo, um tipo de “sujeira” que é extremamente prejudicial ao funcionamento correto do motor.

Outra aspecto relatado na entrevista foi sobre o futuro dos turbocompressores em automóveis a combustão interna, visto que, atualmente esse tipo de sobrealimentação é bastante utilizado pelas montadoras atuais, devido a sua gama de benefícios. Todavia, esses mecanismos são mais robustos, além de envolver mais componentes para aguentar o excesso de força e pressão quando acionado, contribuindo para um preço mais elevado. Portanto, como as normas de emissões estão cada vez mais exigentes, os motores elétricos vêm ganhando espaço no cenário automobilístico, mesmo que a passos lentos (MOREIRA *et al.*, 2019).

Quando questionado sobre qual a técnica aplicada pelas montadoras na adoção de turbocompressores, o especialista expôs que o *Downsizing*, cuja função é diminuir o tamanho do motor, produz uma cilindrada menor, porém mantendo a resposta imediata ao acelerador, sem perder torque e potência. Adicionalmente, ele possui um consumo de combustível inferior, tornando-o mais eficiente.

Atualmente um exemplo desse método são os motores 1.0, três cilindros turboalimentados, que estão sendo utilizado em vários modelos de automóveis. Cabe ressaltar que esses tipos de carros possuem uma performance semelhante aos motores 2.0, quatro cilindros (ASSIS, 2016).

Ao final da conversa, o profissional esclareceu os motivos da ampliação do rendimento quando o motor está sendo alimentado pelo combustível etanol. O primeiro ponto positivo é em relação a sua propriedade molecular, pois possui oxigênio em sua composição, acarretando em uma quantidade maior de gás dentro da câmara de combustão. A segunda vantagem é a octanagem, que significa a resistência que um determinado combustível sofre dentro da câmara de combustão do motor, ou seja, é a capacidade de resistência que o combustível possui, em mistura com o ar, ao aumento de pressão e da temperatura sem detonar. Quanto mais elevada for a taxa de octanagem, maior será a capacidade do combustível, sem que ocorra a detonação. Portanto, o combustível etanol possui uma performance superior ao outro combustível utilizado em motores turboalimentados no ciclo Otto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou conceitos de suma importância que explicam o funcionamento dos motores a combustão interna ciclo Otto turboalimentados, por meio do qual esses mecanismos realizam um desempenho semelhante aos motores maiores e com um consumo de combustível inferior. Os turbocompressores, juntamente com a técnica do *Downsizing*, são um avanço da tecnologia presente na indústria automotiva, pois as montadoras cumprem cada vez mais as normas estabelecidas pelos órgãos ambientais, reduzindo as emissões de gases tóxicos expelidos no sistema de exaustão nos veículos. Visto a importância do tema, principalmente nos últimos anos, é imprescindível que mais pesquisas sobre esse mecanismo venham a ser desenvolvidas, para de fato, demonstrar todos os benefícios da utilização dos turbocompressores alinhados à técnica *Downsizing*. Por fim, conclui-se que a sobrealimentação traz certos benefícios, tais como a diminuição da cilindrada e, conseqüentemente, um aumento de rendimento e performance, menor consumo e emissão de poluentes na atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, Amanda. *et al.* **Downsizing de motores associado ao uso de turbocompressor.** In: II Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricación (La Plata, 2016). 2016. Disponível em: < <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77550> > Acesso em: 9 Mar. 2021.
- DIJKSTRA, Rutger. *et al.* **A. Experimental analysis of engine exhaust waste energy recovery using power turbine technology for light duty application.** Society of Automotive Engineers. Int. J. Engines, 2012.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antônio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008. Acesso em: 13 Mai. 2021.
- GONÇALVES, Edeimar. *et al.* **Análise da instalação de um sistema desobrealimentação em um motor ciclo diesel.** Anais da Engenharia Mecânica, v. 3, n. 2, p. 18-40, 2018. Disponível em: < <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engmec/article/view/209> > Acesso em: 8 Mar. 2021.
- LAVARDA, Jairo Vinícius; LODETTI, Julio. **Potência que pode ser recuperada utilizando a técnica de turbo-compounds.** Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2019/PAP103.pdf> > Acesso em: 6 Abr. 2021.
- MOREIRA, Layla Fernandes. *et al.* **Utilização do turbo compressor em motores de combustão interna e seus benefícios.** Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2019/PAP62.pdf> > Acesso em: 25 Mar. 2021.
- RAMESH, Arjun. *et al.* **Experimental studies on reducing Turbolag.** v. 1, n. 2 , p. 67-72, April, 2017. Disponível em: <http://www.makalesistemi.com/panel/files/manuscript_files_publish/aa0cfcfd5888ff2211e8791d25e8cffe/02e36889d638fdb7c03db5d6e125f25d/ba60ec994aa9_cff.pdf > Acesso em: 14 Abr. 2021.
- SALOMAO, Teluan Ribeiro. *et al.* **A Evolução do motor a combustão ciclo Otto.** Revista Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, p. 106-113, 2018.