

# ANÁLISE DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM CILINDRO DE PISTÃO DE MOTOCICLETAS

Matheus Silva da Rosa<sup>1</sup>, Matheus Antônio Brondani<sup>2</sup>, Matheus Lopes da Silva<sup>3</sup>,  
Mauro Menegas<sup>4</sup>.

## **Resumo**

As informações contidas no presente trabalho foram extraídas de livros e endereços eletrônicos referentes aos cilindros de pistão nas motocicletas. Assim, de forma teórica obtivemos um estudo de engenharia da simulação sobre ferramenta de teste que verifica o máximo de tensão e de deformação que o item suportará até romper, quebrar de vez com os valores determinados. Para realizar a escrita, primeiro houve um estudo sobre esta peça através dos processos de fabricação, em seguida de acordo com o Manual do Proprietário CG 150 [04] foi obtido à distância do curso, o diâmetro do material e outras informações essenciais para confeccionar peça em 3ª dimensão e depois foi realizada a simulação de engenharia sobre este pistão pelo software SolidWorks [03].

**Palavras-chave:** Pistão; Simulação; Engenharia; SolidWorks; Fabricação.

## **Abstract**

From this work the information in this project was researched in books and electronic addresses related to piston-cylinder motorcycles. In this case theoretically obtained a simulation study engineering of this component, or testing tool that checks the maximum stress and strain to break up the item to bear breaking of time with the determined values. To perform the writing, first there was a study on this piece through the manufacturing process, then according to the Owner's Manual CG 150

---

<sup>1</sup>: Autor e graduado em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela UFSM, email: [fabmec.84@outlook.com](mailto:fabmec.84@outlook.com)

<sup>2</sup>: Coautor e acadêmico do curso em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela UFSM, email: [matheus.brondani@hotmail.com](mailto:matheus.brondani@hotmail.com)

<sup>3</sup>: Coautor e graduado em Engenharia Mecânica pela UFRGS, email: [matheus.silva@ufrgs.br](mailto:matheus.silva@ufrgs.br)

<sup>4</sup>: Orientador, Prof. Msc. Eng. pela UFSM, email: [mmenegas@ctism.ufsm.br](mailto:mmenegas@ctism.ufsm.br) .

[04] was obtained at a distance of course, the diameter of the material and other essential information for making the material in the 3rd dimension and then the engineering simulation was performed on this piston by SolidWorks software [03].

**Keywords:** Piston; Simulation; Engineering; SolidWorks; Manufacturing.

## **1 - Introdução**

O cilindro de pistão de motocicleta, desempenha várias funções, uma delas é o movimento do ciclo Otto, nesta etapa funcional há entrada de combustíveis no bloco de motor e isso faz com que ocorra a conversão da energia cinética em mecânica. Com as informações contidas acima foram elaboradas análises computacionais de simulação do software SolidWorks [03] sobre a peça modelada em 3ª dimensão até atingir os valores resultantes ocasionando ruptura e fadiga no material.

## **2. Objetivos**

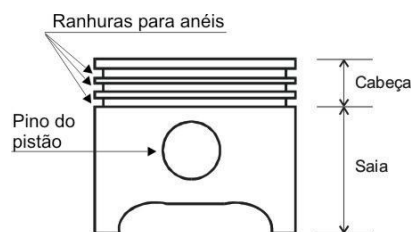
Um dos objetivos do nosso trabalho é ratificar a importância deste componente mecânico, cilindro de pistão, equipamento que fica situado nos blocos de motores em motocicletas tem por função realizar o movimento rotativo do Ciclo Otto que é um estudo relacionado ao funcionamento no qual a própria peça efetua os 04 tempos por entrar em contato diretamente com o combustível, obtendo o torque do motor e iniciando a partida. Já o conceito teórico está vinculado à análise computacional de simulação sobre o pistão, com as informações contidas desde os processos de fabricação até a modelagem em 3ª dimensão de suas respectivas medidas e finalmente se aplica a Engenharia de Simulação Assistida (CAE) [03] ferramenta fundamental para este processo. A finalidade deste estudo é informar os valores determinados para ruptura e quebra desta peça, relatar o problema e as circunstâncias que tenham sido causadas por esta ação.

### **3 – Metodologia**

A partir disso será informada a simulação computacional sobre o pistão de motocicleta dos modelos mais comuns, ou seja, uma análise gráfica e simultânea sobre a tensão aplicada a este componente até atingir a ruptura. O pistão de cilindro é um dos elementos mecânicos de forma cilíndrica que constitui na parte central do motor, onde apresenta ranhuras no lado superior no qual é colocado o anel de segmento, a passagem de gases de compressão, assim, mantém-se a pressão constante, diminuindo o excesso de óleo que fica retido na parede interna do cabeçote [01]. Além disso, é considerado como propriedade térmica devido ao aumento do volume que exerce a transformação do movimento linear em rotacional pelos conjuntos de biela-manivela. Esta peça geralmente é fabricada com liga de material leve, ferro fundido e outros metais que influenciam no seu peso e na sua dissipação de calor. Para o cilindro executar a sua tarefa é preciso que os motores apresentem as válvulas no cabeçote. Enquanto as válvulas controlam a entrada e saída de gases no cilindro, esta peça mecânica é produzida por ligas de aço carbono e o acréscimo de cromo, de níquel. Quando há contato do combustível com a parte superior do pistão, 1ª passagem pelo ciclo de Otto ocorrem às entradas de gases a válvula mantém-se a sua temperatura entre 250 a 300°C.

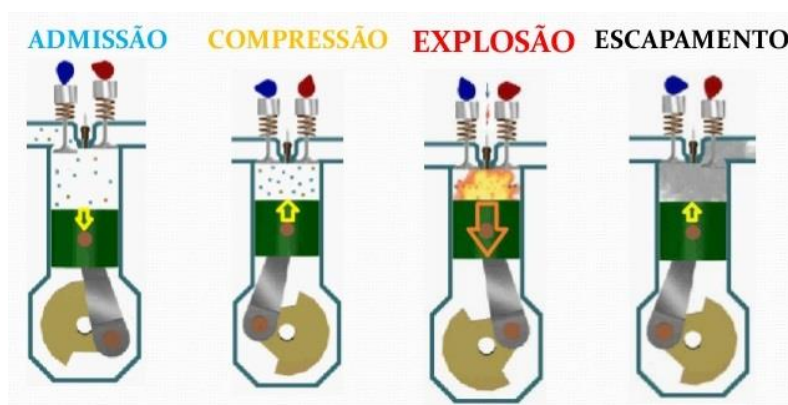
Por influência de diversas ligas metálicas nas válvulas, os seus principais atributos contribuem em diferentes situações conforme as especificações abaixo:

- Níquel: melhora a resistência mecânica;
- Cromo: torna-se o aço inoxidável pela elevada temperatura, propriedades químicas e mecânicas;
- Tungstênio: Alguns teores deste componente se mantem a temperaturas elevadas, uma forte resistência mecânica;

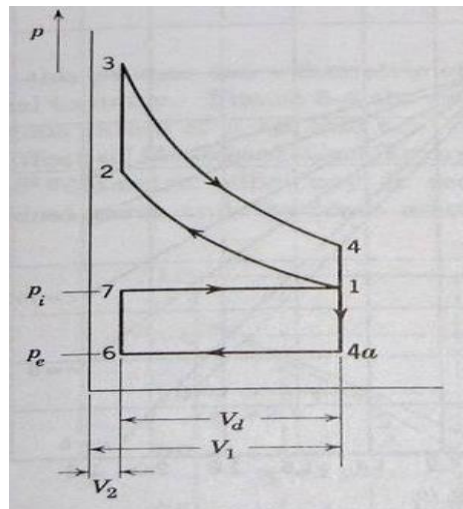


**Figura 01:** Pistão e suas estruturas. Fonte: Constituição dos motores [01]

O bloco do motor onde fica situado o pistão e os demais equipamentos rotacionais é um componente metálico fabricado a partir de ligas de ferro fundido com outros metais leves. Devido a essas características diminui o seu peso, entretanto, aumenta o esbanjamento de calor quando o cilindro realiza o trabalho em contato com o combustível e suas respectivas peças. Um dos princípios do cilindro de pistão é concretizar o movimento relativo entre o virabrequim e a biela fazendo com que haja mistura do combustível aumentando assim a pressão do pistão que converte a energia química em cinética [02], disso resulta a transformação química do combustível em cinética ao motor, obedecendo a Lei do Ciclo Otto (Princípio de Funcionamento em 4 tempos). De acordo com o estudo Otto [02] o pistão de cilindro de motos, em termos de trabalho, é semelhante a qualquer máquina automotora porque no ato inicial a própria peça começa com descida, assim cria um vácuo dentro do cilindro devido à válvula de admissão aberta e a descarga fechada, em frações de segundos para o motor é bem importante, pois haverá um aumento da potência de tempo devido à queima do combustível. Já a segunda descrição está relacionada às duas válvulas fechadas, pois o pistão sobe e faz com que o ar e o combustível sejam comprimidos, resultando em um elevado rendimento térmico, por isso, que a energia mecânica gerada pelo motor que se converte em energia rotativa. A terceira etapa desta descrição nos dá o início de combustão através da vela que incentiva o processo de queima do combustível em contato com os componentes mecânicos. A partir daí se aumenta a temperatura, há o acréscimo à pressão devido à ação do pistão que será jogado para baixo. No decorrer da combustão quando o cilindro está em movimento nos blocos de motores é preciso que leve certo tempo para aumentar a pressão devido ao aumento de rotação e potência, fazendo com que as válvulas de descarga sejam abertas até o ponto superior liberando uma boa parte de gases acumulados para o escape.



**Fig. 02:** Imagem ilustrativa demonstrando o funcionamento dos pistões pelo Ciclo Otto



**Fig. 03:** Gráfico do processo físico termodinâmico pelo ciclo Otto

O gráfico acima representa o ciclo termodinâmico dos motores, ou seja, quando o pistão e as demais peças estão em movimentos. Enquanto isso ocorre o princípio de transformação isotérmica. Abaixo haverá uma explicação sobre a imagem ilustrativa acima no seu respectivo funcionamento entre o pistão e as trocas de gases no motor.

- **1 a 2:** Ciclo de compressão;
- **2 a 3:** Ciclo de combustão;
- **3 a 4:** Ciclo de potência;
- **4 a 4<sup>a</sup>:** Abertura da válvula de descarga;
- **4<sup>a</sup> a 6:** Ciclo de descarga;
- **6 a 7:** Abertura da válvula de admissão;
- **7 a 1:** Admissão;

A tecnologia atual sobre o motor de motocicletas mudou bastante referente aos pistões, pois os menores cursos oferecem altos giros de rotação e considerando a quantidade maior de equipamentos de mobilidade. A maioria deste componente é refrigerada a líquidos tendo em vista a separação de lubrificantes no setor inferior (embreagem e virabrequim) e do setor superior (válvulas e cabeçote).

Vale lembrar que as motos de 4 tempos são superiores as de 2 tempos, pois as rotações exercem de forma lenta e tem peso ao solo [06], contudo, a troca e reparo de peças são mais caros. Para adquirir os valores resultantes desta peça durante a análise de simulação seguimos alguns parâmetros, um deles foi a elaboração do modelo da peça em 3ª dimensão pelo software SolidWorks [03], além das dimensões do pistão, curso de movimento da biela referente ao volume cúbico do cilindro no ciclo de movimento com os demais fixadores mecânicos. Disto foram elaborados os cálculos referentes às fórmulas de torque e de cilindrada para o estudo.

**- Fórmula da cilindrada:**  $Cil = D^2 \times \pi / 4000 \times H$

**- Fórmula do torque:**  $T = F \times d$

Para proceder à escrita sobre o pistão foi realizado um estudo acerca de informações e características onde a peça foi projetada com dados fornecidos sobre a elaboração do processo de simulação. Antes de efetuar os estudos por análise computacional do cilindro de pistão pelo software Solidworks [03] é preciso ter um conhecimento sobre esta ferramenta, neste item, estuda-se o comportamento estrutural das peças modeladas e montadas em 3ª dimensão. A partir daí se utiliza uma técnica conhecida como FEA (Análise de Elementos Finitos) que serve para solucionar problemas através dos conjuntos numéricos. Já na área da mecânica é amplamente utilizada para resolver situações relacionadas em estruturas e vibrações de diversos equipamentos.

Assim será possível analisar qualquer tamanho e forma do material desejado do mais simples ao mais complexo. Depois disso, haverá a geração da malha do qual se divide a geometria em entidades relativamente pequenas e de formas simples que se chama de elemento finito. Esta ferramenta do Solidworks Simulation [3] tem a finalidade criar malhas de forma confiável em todas as geometrias sólidas.

Com as explicações citadas referentes ao elemento finito, esta ferramenta se procede em 03 etapas:

**- Pré-processamento:** vinculado ao tipo de análise que será realizado de forma estática ou estrutural;

- **Pós-processamento:** cálculo e análise com os resultados desejados;

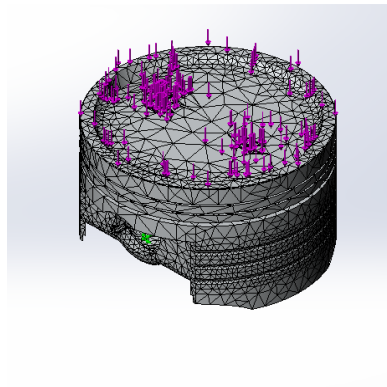
Definido, o conceito anterior será relatado à aplicação dos graus de liberdade que é um estudo no qual se define a capacidade de realizar os movimentos de rotação e translação durante a simulação. A partir de então, há criação de elementos sólidos para aços que têm no máximo 03 graus de liberdade.

Todo software de simulação possui um limite, e principalmente quando está voltado para teste de estudo, para isso se definem as seguintes situações:

- **O material é linear:** em todos os materiais utilizados pela simulação, a tensão é linearmente proporcional à deformação;

- **Pequenas deformações estruturais:** qualquer estrutura experimenta a deformação sob carga. Em relação à deformação é explicada como sendo pequenas em relação ao tamanho geral da estrutura;

- **Cargas estruturais:** são aplicadas de forma suficientemente lenta para ignorar os efeitos inerciais, porém, se for dinâmico não pode ser analisado pela simulação;



**Fig. 04:** Criação de malha para o elemento sólido antes de efetuar a simulação

Para realizar o processo antes de atingir a etapa final deste estudo, a simulação peça, foi criada primeiramente pelos elementos de malhas de qualidade e rascunho. Devido às características deste material, além de ser construída com as demais ligas e ferro fundido, uma das características dela é nos oferecer uma forma qualificada para

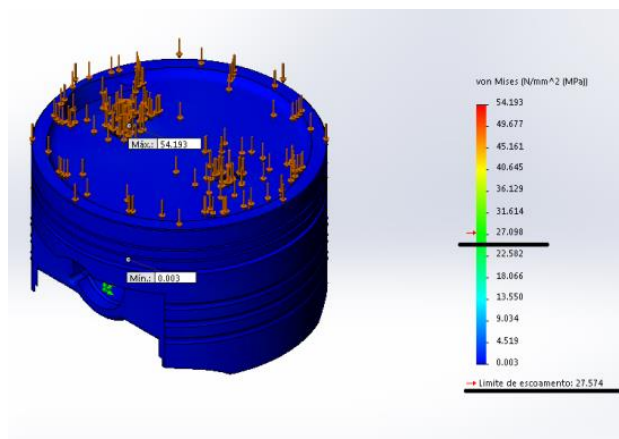
beneficiar a criação da malha do elemento na peça assim evita problemas futuros durante esta etapa.

Com as informações contidas neste assunto haverá uma análise computacional na qual o pino do cilindro é considerado como acessório de fixação das quais as forças foram aplicadas de acordo com o catálogo da Honda CG 150 CC [04] e introduzidas na parte superior da peça com o valor aproximadamente de 8,6 N (Newtons), resultando três itens deste sistema: Tensão, deslocamento e deformação. O objetivo deste tema é realizar a simulação computacional pelo Solidworks sobre o cilindro até atingir a curva de convergência causando a fadiga e a ruptura do material, para isso, foi preciso de 9 simulações e durante os processos houveram alterações nos valores referentes a Tensão de Von Misses, acessório importante do software em MPa, item essencial para materiais dúcteis que são atingidos pelo limite de escoamento no sistema operacional de simulação [03]. De acordo com os resultados gerados pelas simulações por Tensões de Von Misses variam do 7º ao 9º estudo demonstrando o índice de convergência, ou seja, quando as tensões aplicadas sobre este material apresentaram deformações, rupturas e fadigas, para isso foram somados os 03 últimos estudos de simulação e divididos por 3, onde o valor médio aproxima-se de 46, 21 MPa.

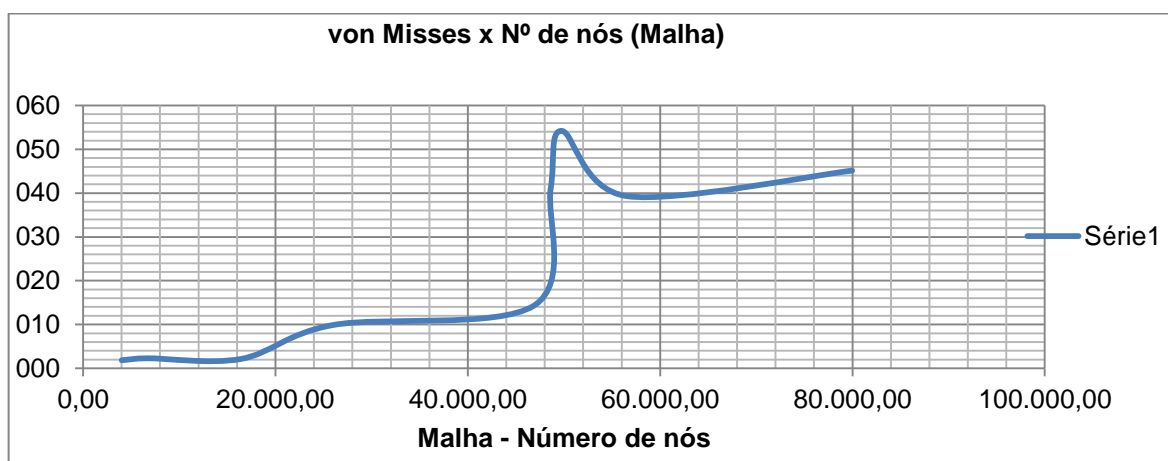
#### **4 - Resultados e discussões**

O resultado analisado foi obtido pelas somas dos valores médios referentes nas tensões aplicadas nos últimos 03 estudos, concluindo que é preciso realizar os testes de simulação computacional e aplicar a prática. Conforme a tabela abaixo nos mostra de forma detalhada os valores adquiridos durante a simulação sobre o pistão de cilindro, obtiveram os maiores valores a partir do 7º estudo, com a Tensão aproximadamente de 54,2 Mpa. Quando o cilindro executa de forma excessiva o movimento rotacional nos blocos de motores há contato diretamente com os demais componentes químicos, ocasionando fadiga e desgaste com o decorrer do tempo. No caso desta peça, se houver algum problema na partida de acionamento, é necessário realizar a manutenção e retificar os itens que compõem este artefato.





**Figura 05:** A partir do 7º estudo já há sinais de fadiga no pistão durante a simulação.



**Figura 06:** O gráfico de convergência sinalizando a curva de fadiga sobre o pistão.

<b>Estudo</b>	<b>Von Misses (Mpa)</b>	<b>Tipo de malha</b>
Estudo 1	1,840	Malha Sólida, Rascunho
Estudo 2	2,292	Malha Sólida, Rascunho
Estudo 3	2,134	Malha Sólida, Rascunho
Estudo 4	9,883	Malha Sólida, Padrão
Estudo 5	14,284	Malha Sólida, Padrão
Estudo 6	41,080	Malha Sólida, Padrão
Estudo 7	54,193	Malha Sólida, Base em Curvatura
Estudo 8	39,297	Malha Sólida, Base em Curvatura
Estudo 9	45,140	Malha Sólida, Base em Curvatura

**Tabela 01:** Os diferentes valores aplicados pela Tensão de Von Misses durante simulação

## **5 – Conclusão**

Sendo assim, este trabalho foi escrito com o intuito de saber o porquê das motos dos modelos mais comuns irem às oficinas mecânicas. O cilindro do pistão é o elemento mecânico cuja função é realizar o movimento nos 4 ciclos Otto convertendo energia cinética em mecânica. O processo de fabricação desta peça é confeccionado por várias ligas de materiais. Já na simulação computacional foram realizados 09 estudos para a verificação do gráfico da curva de convergência, nestas aplicações houve resultados contundentes nas 03 últimas etapas de análise. Sendo assim, os problemas relatados neste assunto, a questão de fadiga e ruptura, é causada pela tensão aplicada sobre a peça, a situação mais decorrente nisto é uso do combustível de má qualidade em consequência deste distúrbio que pode afetar todo o funcionamento do cilindro de pistão.

## **5 – Referências Bibliográficas:**

[01]. ALVES VARELLA, C.A. **Constituição dos motores**. Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

[02]. MAGNANI, F. **Motores de 4 tempos**. Endereço eletrônico de pesquisa acessado nos meados dos meses de março a abril de 2016.

Endereço eletrônico: [http://blog.fabiomagnani.com/?page\\_id=3149](http://blog.fabiomagnani.com/?page_id=3149)

[03]. SYSTEMES, D. **SolidWorks Simulation**. Training SolidWorks 2014.

[04]. CG 150, H. **Manual do Proprietário**. Pesquisado nos meados dos meses março a maio.

[05]. SCHULZ, D. **Máquinas Térmicas**. Programa de Pós-Graduação em Física, UFRGS. Pesquisado no mês de julho de 2016. Acesso pelo portal eletrônico: [http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/maquinas\\_termicas.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/maquinas_termicas.htm)

[06]. TEIXEIRA, C. **Motos Off Roads**. Página acessada no mês de junho.

<https://www.moto.com.br/colunistas/clclaudioteixeira>