

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ
CURSO DE MECÂNICA AUTOMOBILÍSTICA

**SISTEMA DE LIMPEZA AUTOMÁTICA DO FILTRO SEPARADOR
PARA VEÍCULOS DIESEL**

Santo André

2018

Daniel de Melo da Silva

Frank Mikio Fukunaga

Gustavo Morais Ribeiro

SISTEMA DE LIMPEZA AUTOMÁTICA DO FILTRO SEPARADOR PARA VEÍCULOS DIESEL

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica
Automotiva à Faculdade de Tecnologia de Santo
André como requisito parcial para obtenção do
título de Tecnólogo em Mecânica Automotiva sob
orientação do Prof. Me. Cleber Willian Gomes.*

Santo André

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S586s

Silva, Daniel de Melo da

Sistema de limpeza automática do filtro separador para veículos diesel / Daniel de Melo da Silva, Frank Mikio Fukunaga, Gustavo Morais Ribeiro. - Santo André, 2018. – 62f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2018.

Orientador: Prof. Cleber Willian Gomes

1. Mecânica. 2. Filtros secadores. 3. Motores diesel. 4. Biodiesel.
5. Resíduos. 6. Dispositivo. 7. Tecnologia. 8. Software Fusion 360.
I. Fukunaga, Frank Mikio. II. Ribeiro, Gustavo Morais. III. Sistema
de limpeza automática do filtro separador para veículos diesel.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 11 DE DEZEMBRO DE 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SISTEMA
DE LIMPEZA AUTOMÁTICA DO FILTRO SEPARADOR PARA
VEÍCULOS DIESEL" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. CLEBER WILLIAM GOMES 

MEMBROS:

PROF. FERNANDO GARUP DALBO PROFª CARLA KORPS M. GERULAITIS **ALUNOS:**DANIEL MELO DA SILVA FRANK MIKIO FUKUNAGA GUSTAVO MORAIS RIBEIRO 

Dedicamos este trabalho a nossos familiares e amigos, que estiveram ao nosso lado nos incentivando e apoiando durante a realização do projeto.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos, pelos bons momentos vividos na Faculdade de Tecnologia Santo André, pelas horas de aprendizado e descontração em sala de aula e por terem proporcionado um ótimo preparo para o engajamento no mercado de trabalho.

Aos Professores Cleber Willian Gomes e Fernando Garup Dalbo, orientador e professor da disciplina de Trabalho de Graduação, nossos sinceros agradecimentos pela paciência, informações e ajuda em toda a trajetória deste estudo. Em especial, agradecemos também a Professora Carla Korps Mauerberg Gerulaitis, pela disposição de conhecimento, materiais didáticos e por ter sido a fonte de inspiração do desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Os filtros secadores fazem parte do sistema de proteção dos motores diesel, componente este que realiza o dreno de água presente no combustível. Entretanto, para realizar a retirada da substância é necessário que o motorista faça o processo de forma manual. O intuito deste projeto é desenvolver um componente que facilite a eliminação da água, sem que o usuário se preocupe em fazê-lo. Este dispositivo será projetado e modelado no software Fusion 360 e após sua construção poderá ser efetuado testes em campo para a captação de resultados.

Palavra Chave: Filtro Separador, Resíduos, Diesel, Biodiesel.

ABSTRACT

The water separator filters are part of the protection system of diesel engines, component that drains the water resident in the fuel. However, it's necessary to manually evacuate the drained water. The objective of this project is to develop a component that makes easier the disposal of this water, without the need to dispose it manually. This device will be developed and modeled using the software Fusion 360 and after the prototyping, it might pass through several field tests to obtain the results.

Key words: Waster separator, Debris, Diesel, Biodiesel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Rudolf Diesel	14
Figura 2: Patente do motor Diesel	15
Figura 3: Primeiro Motor Diesel	16
Figura 4: Ciclo térmico do motor	18
Figura 5: Evolução dos componentes	19
Figura 6: Potência e torque ao longo dos anos	20
Figura 7: Bomba Injetora em Linha	21
Figura 8: Bomba Injetora rotativa	22
Figura 9: Sistema de injeção da Bomba rotativa	23
Figura 10: Componente do Common Rail	24
Figura 11: Sistema Common Rail	25
Figura 12: Módulo PLD	26
Figura 13: Sistema unidade Bomba-Tubo-Bico (UPS)	27
Figura 14: Válvula Injetora	28
Figura 15: Válvulas Injetoras de Pino	29
Figura 16: Válvulas Injetoras de Orifício	29
Figura 17: Pré injeções no motor	30
Figura 18: Filtro Secador	32
Figura 19: Filtro entupido por ação microbiana	33
Figura 20: Condensação em reservatório	34
Figura 21: Sedimentação do diesel	35
Figura 22: Rede de Distribuição do Biodiesel	36
Figura 23: How sulfur affects the hygroscopicity	37
Figura 24: Teor de Enxofre no diesel	38
Figura 25: Porcentagem da mistura	39
Figura 26: Reservatório de fluido de freio	40
Figura 27: Tampa do reservatório	41
Figura 28: Polos internos da tampa	42
Figura 29: Boia e arruela	42

Figura 30: Reservatório	43
Figura 31: Esboço da tampa	44
Figura 32: Vista superior da tampa	45
Figura 33: Vista superior do suporte	45
Figura 34: Medidas do suporte	46
Figura 35: Ângulo do centro ao ponto inferior do suporte	46
Figura 36: Ângulo da aresta inferior	47
Figura 37: Vista lateral da tampa	47
Figura 38: Vista frontal da tampa	48
Figura 39: Esboço da boia	49
Figura 40: Face inicial superior da boia	50
Figura 41: Medidas da boia	51
Figura 42: Vista superior com medidas	51
Figura 43: Esboço da arruela	52
Figura 44: Medidas da arruela	52
Figura 45: Esboço do suporte	53
Figura 46: Medida do reservatório	54
Figura 47: Medidas Internas	54
Figura 48: Parte Superior do Protótipo	55
Figura 49: Parte Inferior do Protótipo	56
Figura 50: Vista em corte com a boia aberta	56
Figura 51: Vista em corte com a boia fechada	57
Figura 52: Protótipo em fase final	57
Figura 53: Solenoide instalada na parte inferior	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CAN	Controller Area Network
CENPES	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CRS	Sistema Common Rail
ECU	Engine Control Unit
OBD	On-board Diagnostic
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
PLD	Pump –Leitung – Duse
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar Por Veículos Automotores
RANP	Resolução ANP
UCR	Universidade da Califórnia, Riverside
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UIS	Sistema de Unidade Injetora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo e Motivações	13
2	DIESEL E O MOTOR	14
2.1	Tempos do Ciclo de Operação	16
2.1.1	Admissão	17
2.1.2	Compressão	17
2.1.3	Expansão	17
2.1.4	Descarga	17
2.2	Evolução dos Motores	18
3	SISTEMA DE INJEÇÃO DO DIESEL	20
3.1	Sistema de alimentação - Alta pressão	21
3.1.1	Bombas Injetoras em Linha	21
3.1.2	Bombas rotativas	22
4.1.1	Common Rail	23
4.1.2	Unidade Injetora (ADM/PLD)	25
4.1.3	Válvulas injetoras	27
4.2	Sistema De Alimentação - Baixa Pressão	30
4.2.1	Tubulação	30
4.2.2	Tanque de combustível / Pré-bomba	31
4.2.3	Pré-Filtro	31
4.2.4	Filtro Primário / Filtro Secador	31
5	PRESENÇA DE ÁGUA NO DIESEL E CONSEQUÊNCIAS	32
5.1	Óleo Diesel E Higroscopicidade	34
5.2	Biodiesel e teor de enxofre	35

	12	
6	PROTÓTIPO	39
6.1	Desenvolvimento do protótipo	39
6.2	Modelando o protótipo no Fusion 360	43
6.2.1	Tampa	44
6.2.2	Boia e arruela	48
6.2.3	Reservatório	53
7	MONTAGEM DO PROTÓTIPO	54
8	CONCLUSÃO	59
9	PROPOSTAS FUTURAS	59
10	BIBLIOGRAFIA	60

1 INTRODUÇÃO

As máquinas térmicas, ou sistema de componentes mecânicos foram e continuam a ser os itens de fundamental importância para a manufatura e indústria. No ramo automotivo a evolução dessas máquinas tomou caminhos adversos, onde cada qual desfruta de características únicas.

Os motores de combustão interna são classificados em relação ao ciclo de funcionamento em dois tipos: ciclo OTTO e ciclo DIESEL. O ciclo de funcionamento é o conjunto de transformações na massa gasosa que ocorre no interior dos cilindros, desde sua admissão, até a eliminação para o meio ambiente. O ciclo OTTO foi descrito por NIKOLAUS A. OTTO (1876) e o ciclo DIESEL por RUDOLF DIESEL (1893). Ambos os ciclos podem ser completados em dois ou quatro cursos do pistão. Quando o motor completa o ciclo em dois cursos do pistão é chamado de motor de dois tempos e quando completa o ciclo em quatro cursos é chamado motor de quatro tempos. (VARELLA; SANTOS, 2010, p.04).

O fato é que, para o bom funcionamento de tais motores é fundamental que o sistema em si esteja em perfeitas condições de uso e utilizando combustível de boa procedência, tendo em vista que este é a fonte de energia do motor. Entretanto, não importa qual seja a procedência do combustível, alguns tipos de contaminação não podem ser extintas, mas controladas, como é o caso da contaminação por água.

Entre os combustíveis derivados do petróleo, o diesel é um dos mais suscetíveis à presença de sedimentos de origem biológica e química, e a adição do biodiesel agrava ainda mais essa condição. (CNT, 2011 , p.22)

1.1 Objetivo e Motivações

Dessa forma, este estudo está focado em demonstrar o sistema do motor Ciclo Diesel, componentes de atuação no sistema de injeção, características dos combustíveis brasileiros, problemas da contaminação de água no sistema e a proposta no auxílio ao combate deste problema.

2 DIESEL E O MOTOR

O motor diesel, semelhante ao motor ciclo Otto, é um conjunto de peças que realizam a transformação da energia térmica em energia mecânica, conversão de energia química em calor, gerando trabalho mecânico. Apesar de sua semelhança em construção, sua idealização e desenvolvimento seguiram outros propósitos, pois em uma época em que os motores a combustão já não eram novidade houve a busca para a otimização da eficiência energética.

1892 - Rudolf Diesel desenvolveu um motor que é até hoje utilizado nos transportes públicos, de cargas e marítimos. Este tipo de motor obteve um rendimento nunca antes obtidos em motores de combustão interna, porque funciona através de autoignição, isto é, era iniciada a combustão através da injeção de um combustível líquido para o ar, que aquecido apenas pela compressão, inflamava por si mesmo, o que permitia aumentar a eficiência para o dobro. (DUARTE et al 2014, p.4)

Figura 1 - Rudolf Diesel



Fonte: Nextews

Dessa forma, aproveitando os efeitos da combustão, com a utilização de reação química de óleos vegetais (amendoim), Diesel registrou a patente do seu

motor-reator. Por questões de praticidade e fácil aplicação, se destacou em relação há outros sistemas mecânicos da época. Mais tarde, sua fonte de energia primária seria substituída por óleo derivado de petróleo, que acabou levando seu nome (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2011).

Figura 2 - Patente do motor Diesel



Fonte: Blue Moon Prints

Podemos confirmar o registro de sua patente na Figura 2. Na época apresentou excelente rendimento, quando comparado aos outros sistemas, porém dependia de um sistema de alimentação e injeção de alta pressão complexo, que só foi resolvido com o desenvolvimento de novas tecnologias. Vale ressaltar que o primeiro motor construído era para geração de energia estacionária, como mostra a Figura 3.

“Do ponto de vista mecânico, não existem grandes diferenças entre os dois tipos de motores, a não ser a maior robustez do motor Diesel, decorrente da taxa de compressão necessária.” (BRUNETTI, 2012, pág. 23).

Figura 3 – Primeiro Motor Diesel



Fonte: Wikipédia

2.1 Tempos do Ciclo de Operação

Se tratando de questões técnicas, a geração de trabalho nos motores depende da variação do curso do êmbolo em conjunto com a manivela/biela, além da sua sincronização onde está destacado na Figura 4. Segundo Varella *et al* (2010), motores de quatro tempos são denominados com essa nomenclatura pois realizam um ciclo de quatro cursos do pistão, sendo as quatro fases: admissão, compressão, expansão e descarga.

2.1.1 Admissão

Como Varella *et al* (2010) lembra, no processo de admissão a válvula de admissão está aberta e a de descarga fechada. O volume de ar admitido é denominado de volume de admissão, sendo sempre um volume constante.

2.1.2 Compressão

Varella *et al* (2010) cita também que o deslocamento do pistão do PMI para o PMS realiza a compressão do ar e a exata medida do combustível e injeção são fatores importantes para um bom funcionamento dos motores.

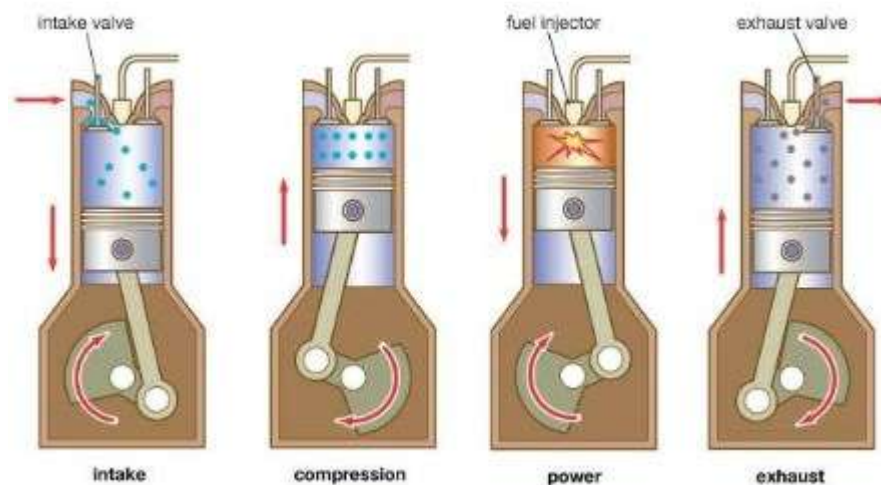
2.1.3 Expansão

No momento de expansão Varella *et al* (2010) informa que neste curso ocorre a expansão da mistura ar-combustível, injeção de combustível e inflamabilidade, sendo o único curso de transformação de energia.

2.1.4 Descarga

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a descarga dos resíduos da combustão. A válvula de admissão está fechada e a de descarga está aberta. (VARELLA; SANTOS, 2010, p.14).

Figura 4 - Ciclo térmico do motor

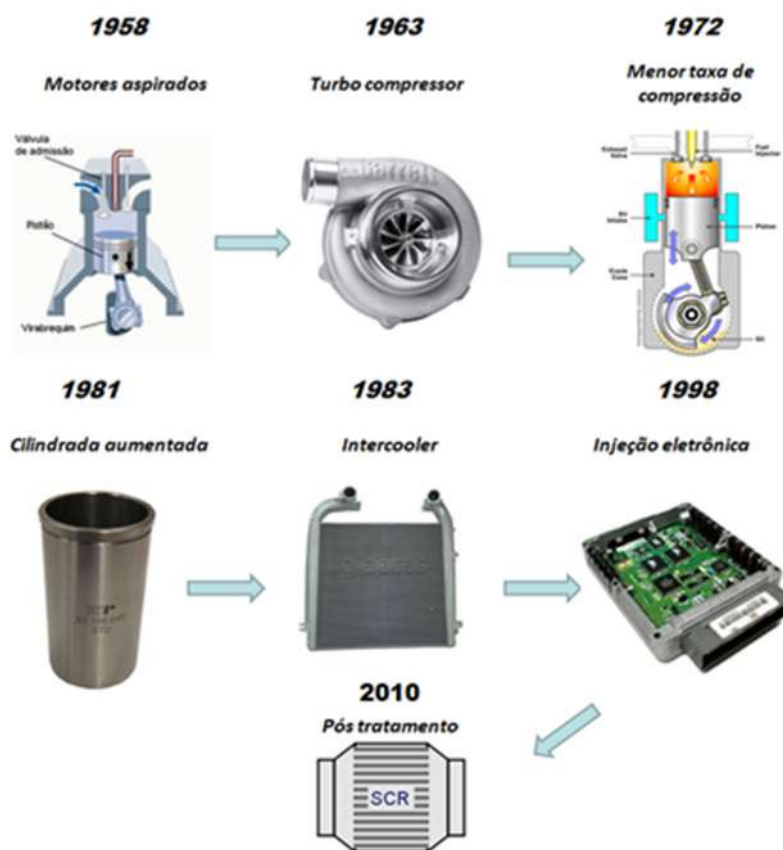


Fonte: Encyclopedia Britannica (2007)

2.2 Evolução dos Motores

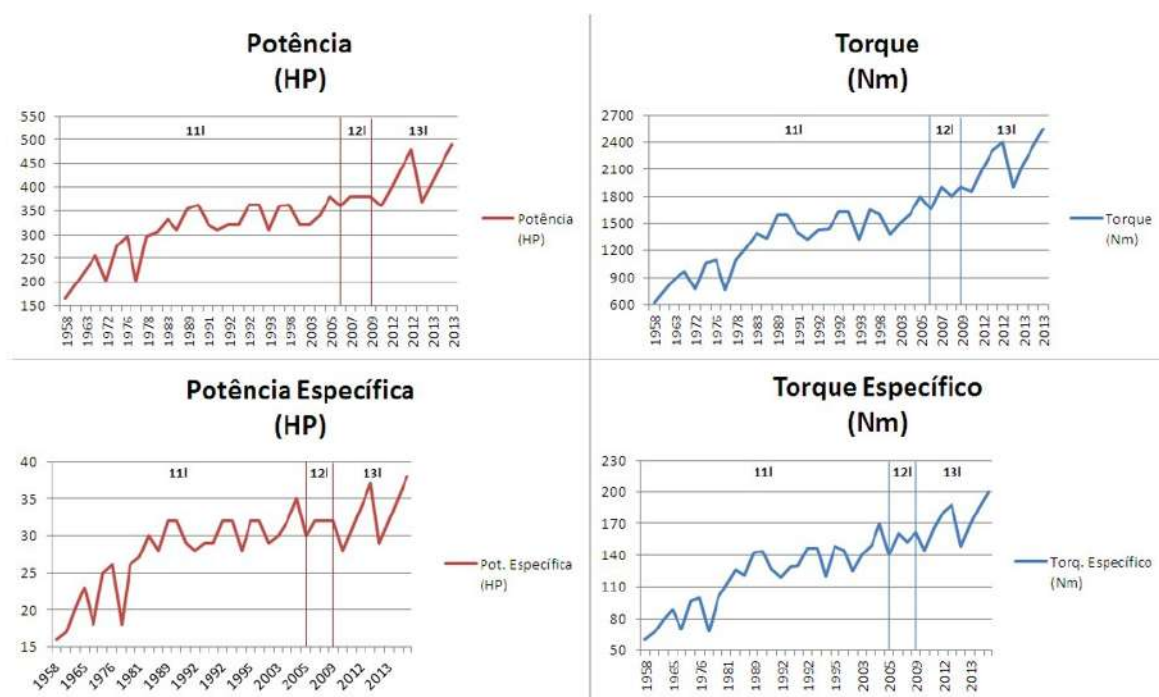
Com o aumento da utilização e necessidade de maiores regimes de carga dos motores diesel a indústria automobilística precisou desenvolver melhores componentes, que ajudassem no aumento da eficiência de potência e torque. A Figura 5 ilustra a cronologia da evolução tecnológica que o sistema sofreu.

Figura 5 - Evolução dos componentes



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 6 - Potência e torque ao longo dos anos



Fonte: Duarte (2015)

Em particular, os sistemas de alimentação de ar e combustível ajudaram no aumento desse rendimento. A evolução na tecnologia demonstrou que a atualização dos componentes mecânicos dos motores foi de fundamental importância para os resultados de regime de trabalho atuais, haja visto o aumento de potência e torque registrados na Figura 6, retirado de um estudo realizado pelo aluno Vinícius Garcia Duarte. Todavia melhorando a qualidade do produto exigiria melhores condições de funcionamento do sistema. No próximo tópico focaremos no sistema de injeção e sua evolução com o decorrer da utilização do motor Diesel nos veículos.

3 SISTEMA DE INJEÇÃO DO DIESEL

O sistema de injeção tem a função de adicionar combustível na câmara de combustão dos motores diesel. Diferente do ciclo Otto, o diesel necessita de uma maior pressão de injeção, pois uma de suas características é a autoignição, ou seja,

o composto injetado deve estar atomizado para realizar combustão instantânea. Esses sistemas são compostos por bombas de alta pressão que auxiliam no aumento de pressão, tubulações e filtros.

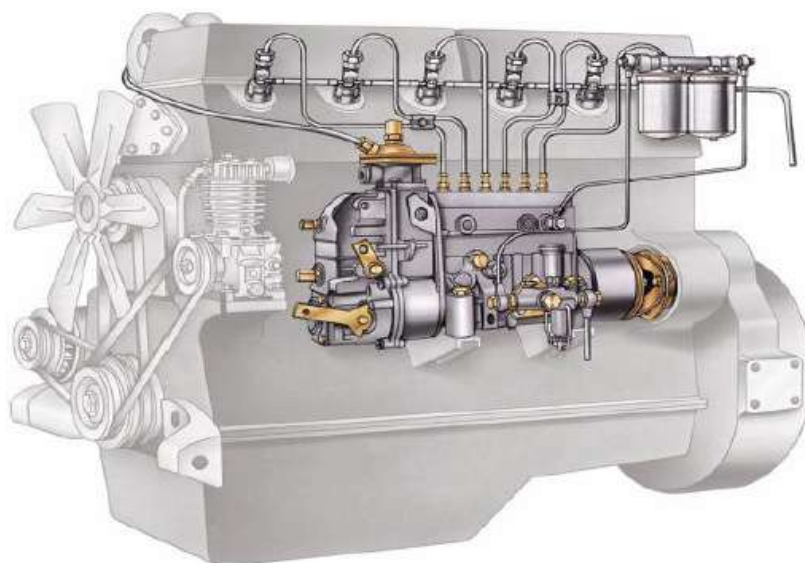
3.1 Sistema de alimentação - Alta pressão

Ao longo dos anos as bombas injetoras sofreram atualizações, por conta de adaptação dos motores. O principal motivo foi à busca do aumento de pressão, porém pode-se dizer que o *downsizing* dos motores influenciou também nesta questão.

3.1.1 Bombas Injetoras em Linha

“A bomba em linha é conhecida por seus cilindros serem alinhados a carcaça, tem a função básica de enviar combustível para o motor através do bico injetor na pressão, tempo e volumes exatos de injeção.” (BOSCH, 2013, slide 6). Seu funcionamento se dá pela transformação do movimento rotativo em movimento linear de pistões. Já a sua forma e tamanho podem ser conferidos na Figura 7.

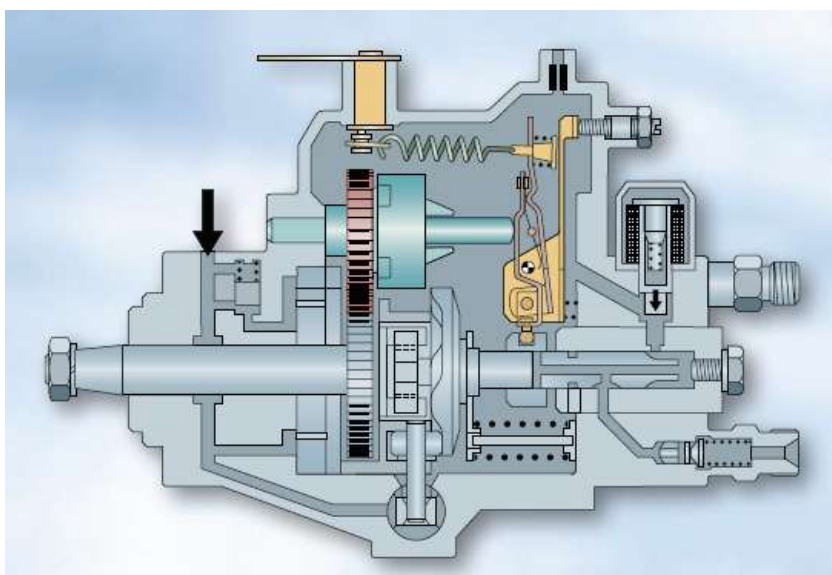
Figura 7 - Bomba Injetora em Linha



3.1.2 Bombas rotativas

Para solucionar o problema da robustez e difícil adaptação em veículos menores, desenvolveu-se a bomba rotativa, ou bomba injetora V.E. Como lembra Blucher (2005) as bombas VE dispõem somente de um elemento alimentador rotativo, onde são acoplados pistões que alimentam individualmente as respectivas câmaras de combustão. Na Figura 8 podemos analisar o esquema interno de uma bomba rotativa.

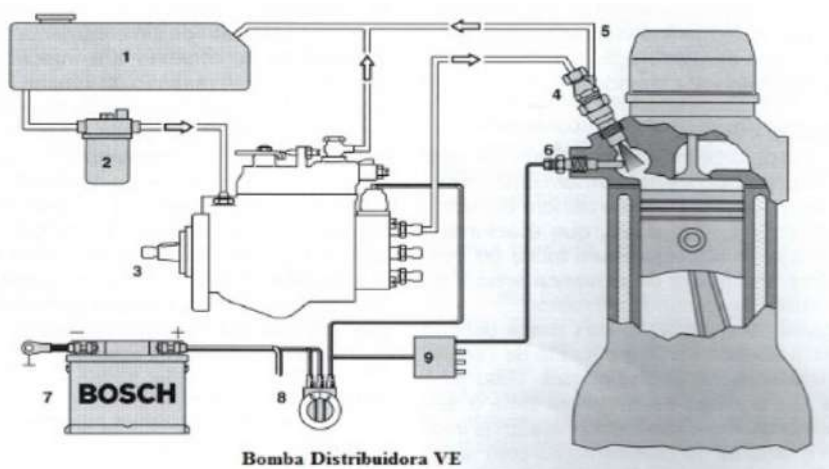
Figura 8 - Bomba Injetora rotativa



Fonte: Bosch

Já na Figura 9 pode-se analisar o esquema de um sistema de injeção com as bombas rotativas.

Figura 9 - Sistema de injeção da Bomba rotativa



Fonte: Bosch

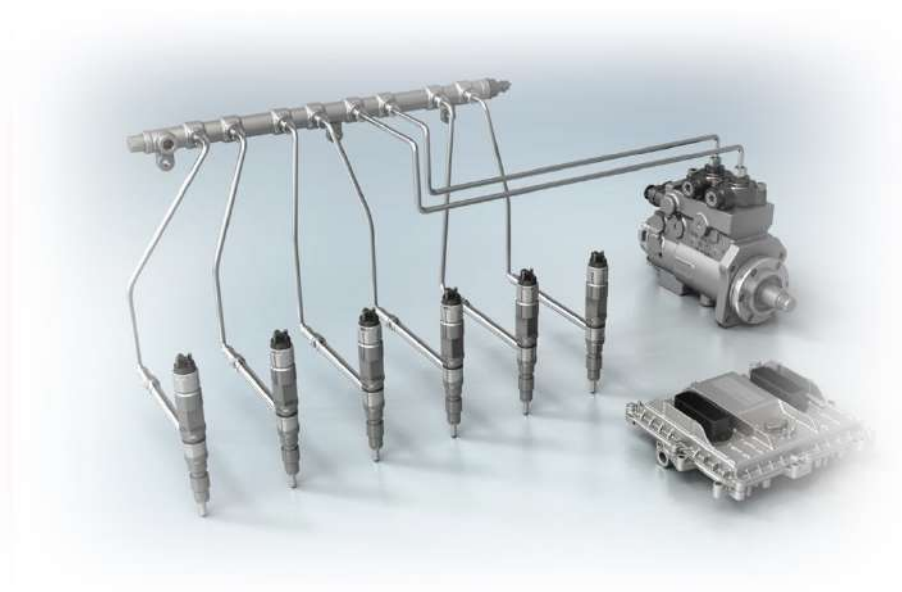
4 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA

Em busca de maior eficiência e necessidade de atender as normas de emissões impostas pelos órgãos reguladores, o sistema de injeção passou a ser controlado por eletrônica embarcada. Neste módulo veremos a evolução da injeção veicular, que passou a utilizar de sensores para o auxílio dos atuadores do sistema.

4.1.1 Common Rail

Composto por bomba de alta pressão, válvulas injetoras, acumulador de alta pressão e módulo para controlar o tempo das injeções. O nome se dá pelo ponto comum entre todas as válvulas para o acúmulo do combustível sob alta pressão para a injeção ser mais rápida e eficiente, pois o combustível estará sempre disponível à pressão de trabalho, onde podemos analisar na Figura 10.

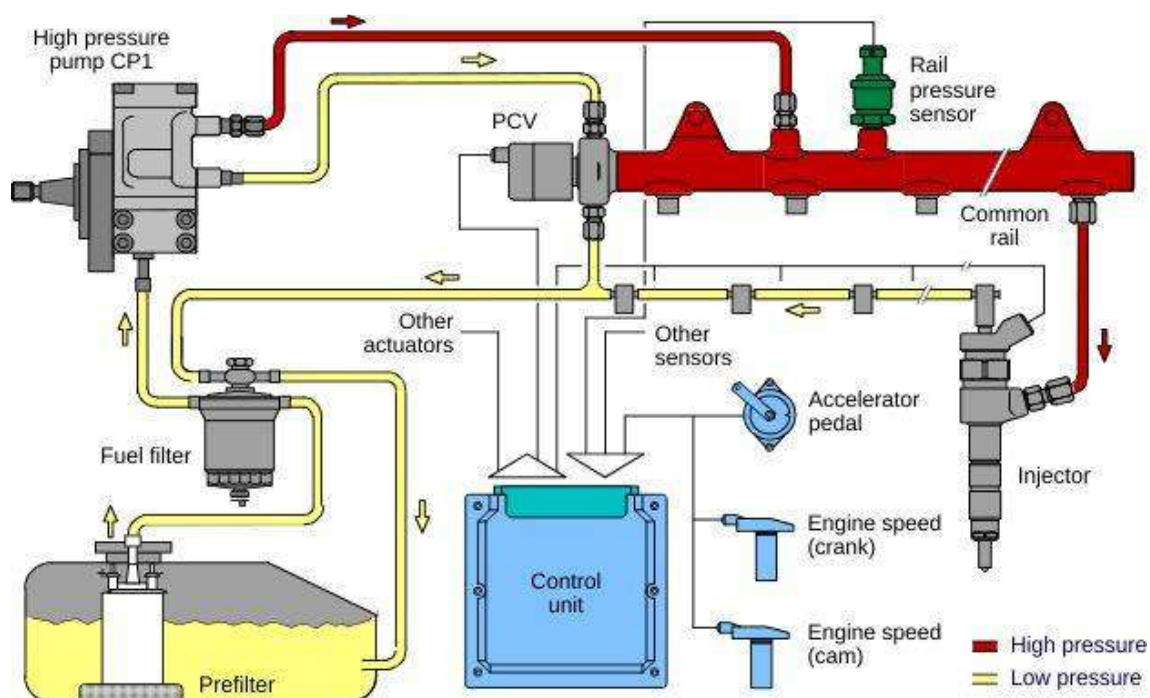
Figura 10 - Componentes do Common Rail



Fonte: Bosch

Segundo Blucher, a bomba radial de três pistões recebe o diesel do circuito de baixa pressão e o comprime até pressões de 1400 a 1600 bar. Na Figura 11, pode-se analisar que o fluxo é definido por uma válvula reguladora de fluxo, comandada pela ECU do sistema. Tubos forjados com conexões roscadas (acumulador de pressão) abastecem as válvulas injetoras com o combustível pressurizado. Neste componente há um sensor de pressão e uma válvula de alívio para limitar a pressão do sistema.

Figura 11 - Sistema Common Rail



Fonte: Fuel Injection Service

4.1.2 Unidade Injetora (ADM/PLD)

O sistema ADM / PLD, produzido pela Mercedes-Benz é conhecido por conter um mecanismo diferenciado de injeção. Utilizado em veículos cuja árvore de comando de válvulas está localizada no bloco do motor (caminhões Mercedes da série 900), dispõe de bombas injetoras unitárias para cada cilindro, sendo comandada pelo módulo ADM e sinais de sensores do sistema.

“A finalidade principal do módulo ADM é monitorar e diagnosticar os defeitos no sistema de controle eletrônico do combustível dos veículos e alertar ao motorista sobre as irregularidades detectadas e não deixar o veículo parado no caminho.” (Emanuelli, et al 2003, p. 20).

Já o módulo PLD (Figura 12), segundo Emanuelli (2003), é o módulo de gerenciamento eletrônico do motor onde controla o módulo de acionamento das unidades injetora. Esse gerenciamento leva em conta informações de alguns

sensores presentes no veículo, como:

- sensores de rotação e de localização dos êmbolos;
- sensor de temperatura do líquido de arrefecimento;
- sensor de massa de oxigênio (temperatura e pressão do ar);
- sensor de pressão atmosférica;
- sensor de temperatura do combustível;
- sensor de pressão e temperatura do óleo lubrificante.

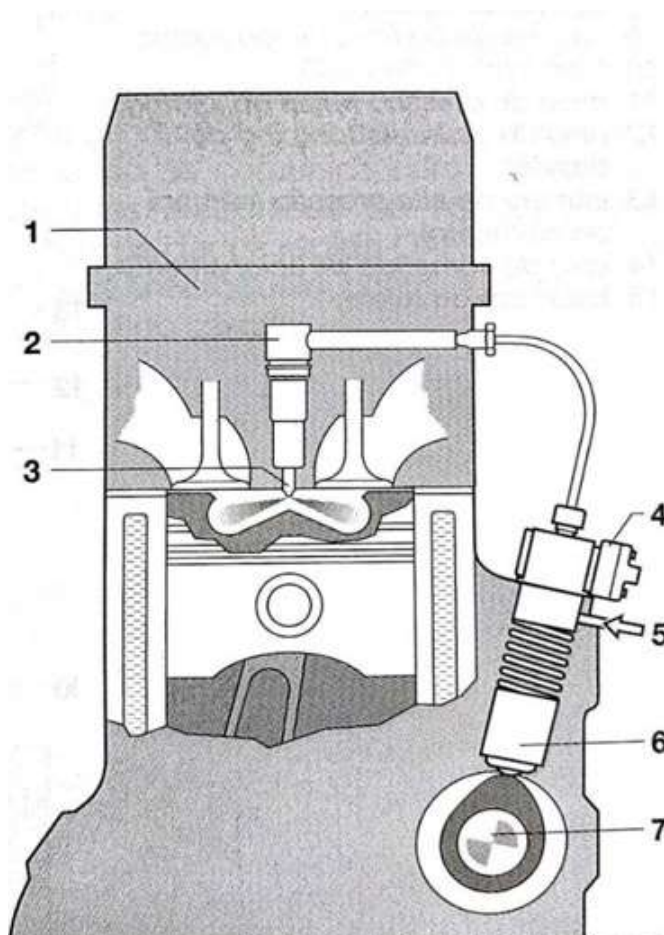
Figura 12 – Módulo PLD



Fonte: SENAI SP

Neste tipo de sistema as válvulas injetoras são construídas de forma compacta e integradas ao bloco do motor, como mostra a Figura 13. Segundo Blucher, cada unidade injetora “Unit Injector System – UIS” contém um módulo próprio anexado ao corpo da peça, onde são acoplados a bomba de alta pressão com válvulas magnéticas, curto tubo de alta pressão e o conjunto porta injetor.

Figura 13 – Sistema unidade Bomba-Tubo-Bico (UPS)



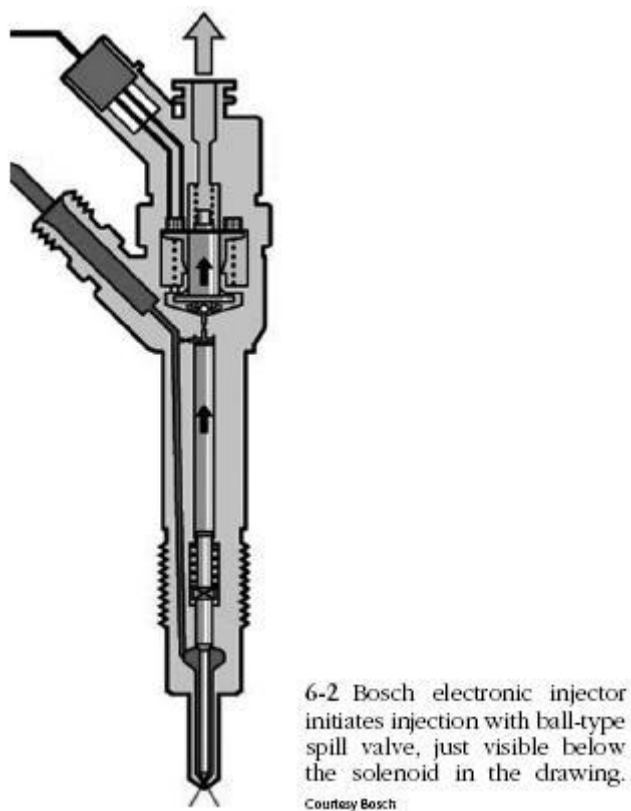
Fonte: Bosch

4.1.3 Válvulas injetoras

“No sistema geral de um motor diesel, os bicos injetores são o elemento de ligação entre o sistema de injeção e o motor” (MANUAL DE TECNOLOGIA AUTOMOTIVA BOSCH, 2004, pág. 707).

Como descreve Bosch (2013), as válvulas injetoras são componentes de extrema precisão, montados em porta injetores com a função de injetar o combustível sobre alta pressão para dentro da câmara de combustão do motor. A ilustração da Figura 14 demonstra os componentes internos de uma válvula injetora, para melhor entendimento.

Figura 14 - Válvula injetora



Fonte: Bosch

Sua predisposição é dependente do sistema de injeção utilizado, como visto no Sistema de Unidade Injetora (UIS), que integra o injetor e a bomba de alta pressão em uma única unidade compacta para cada cilindro. Já no Sistema Common Rail (CRS), em que a bomba gera pressão para todos os injetores através de um tubo distribuidor comum, as válvulas são parte integral dos injetores.

Além de diferentes predisposições, Bosch cita que as válvulas podem conter dois tipos de pontas, de pino e de orifício, visto na Figura 15 e as válvulas injetoras de orifício, ilustrado na Figura 16, que diferem pelo modo que são injetadas na câmara de combustão. Os dois modelos devem injetar o diesel por um orifício entre 3 a 8 microns, que atomizam as partículas facilitando a queima da mistura de forma homogênea.

Figura 15 - Válvulas Injetoras de Pino



Fonte: Bosch

Figura 16 - Válvulas Injetoras de Orifício

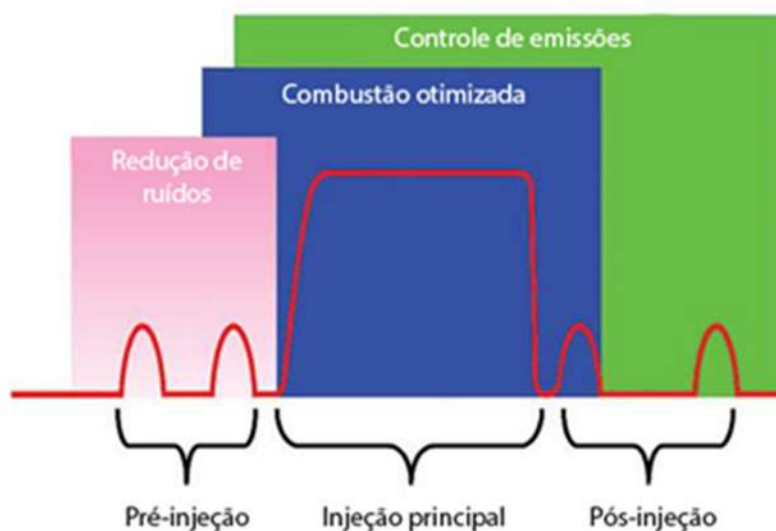


Fonte: Bosch

Com o auxílio da eletrônica as válvulas injetoras passaram a atender as normas de emissões impostas, conseqüentemente aumentando sua eficiência e

complexidade de projeto. Para atender a norma Euro 6, o sistema eletrônico permite rápidas pré-injeções e pós-injeções melhorando o controle de poluente e reduzindo os ruídos proeminentes do coletor de escape (atualmente os sistemas modernos realizam 3 pré-injeções, 1 principal e 3 pós-injeções), como podemos confirmar na Figura 17.

Figura 17 - Pré injeções no motor



Fonte: Bosch

4.2 Sistema De Alimentação - Baixa Pressão

Tendo como encargo o armazenamento, filtragem e distribuição do combustível, o sistema de baixa pressão é disposto de componentes anteriores a bomba de alta pressão, sendo estes: tubulações, tanque de combustível / pré-bomba e filtro diesel.

4.2.1 Tubulação

Componente que integra todos os itens do sistema de baixa pressão, tendo como função realizar o transporte do diesel. Constituído de tubos que podem ser flexíveis ou metálicos, esta tubulação necessita de um dimensionamento que evite a

entrada de ar, compostos externos e criação de vapor. Além disso, seu desenho deve ser desenvolvido para evitar o acúmulo de possíveis sedimentos e passagem por áreas de ponto de calor.

4.2.2 Tanque de combustível / Pré-bomba

Local de armazenamento do combustível no veículo. Este dispositivo necessita de estar distante do motor para evitar problemas de combustão, além de resistir à corrosão e pressão (mínimo de 0,3 de sobrepressão). Dentro do seu compartimento há uma bomba que envia o diesel confinado para a linha de tubulação.

4.2.3 Pré-Filtro

“Normalmente o pré-filtro é um filtro de peneira com malha de 300 µm, sendo empregada adicionalmente ao filtro efetivo” (BLUCHER, 2005, p.677)

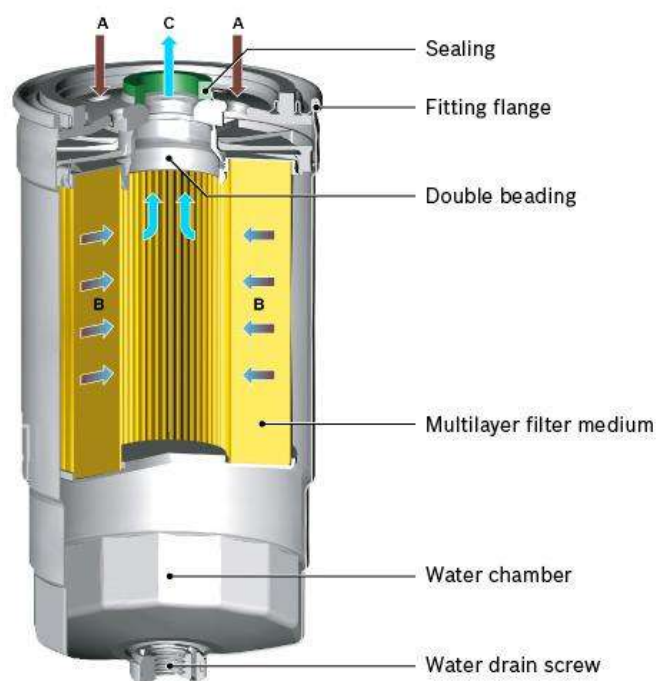
4.2.4 Filtro Primário / Filtro Secador

Denominados filtros secadores, são responsáveis por reterem a água emulsificada presente no combustível diesel, composto que danifica o sistema de injeção por corrosão.

Uma separação efetiva de água de mais de 93% com fluxo nominal (ISO 4020) é particularmente importante para bombas distribuidoras e sistemas Common Rail. A separação da água ocorre por coalescência no meio filtrante (formação de gotas por tensão superficial diferente da água e combustível). (MANUAL DE TECNOLOGIA AUTOMOTIVA BOSCH, 2004, pág. 681).

A água se deposita em um recipiente, demonstrado na Figura 18, onde o sistema pode ou não conter sensores de nível, sendo que seu descarte se faz de forma manual.

Figura 18 - Filtro secundário



Fonte: Bosch (2018)

5 PRESENÇA DE ÁGUA NO DIESEL E CONSEQUÊNCIAS

Por melhor que seja a qualidade do combustível produzido, a contaminação por água não pode ser extinta, mas sim controlada. Essencialmente, por ser uma substância higroscópica (que tem capacidade de absorver moléculas de água do seu ambiente), o diesel terá a presença de água em sua composição, podendo existir em quantidades maiores ou menores dependendo da composição do combustível e do ambiente em que se encontra. Essa condição é ainda mais aguda em biocombustíveis, já que “o biodiesel tem a característica de absorver mais umidade do que o diesel a base de petróleo já que o ácido graxo e o éster metílico são componentes higroscópicos” (HE et al., 2007, tradução nossa).

Com essa característica, o diesel pode absorver água por infiltração pela tampa do tanque, condensação das paredes do tanque durante as rápidas

mudanças de temperatura (retorno de combustível quente para o tanque frio) (FUEL POLISHING AND RECONDITIONING, 2017, pág. 1, tradução nossa), entre outros meios que serão explorados posteriormente neste artigo.

A água, quando presente no óleo diesel, pode causar uma série de problemas, tanto na estocagem, quanto na sua utilização: “A água livre presente no diesel e no biodiesel promove crescimento biológico em tanques de estocagem, o que pode levar a corrosão de metais (cobre, ferro, aço e outros) e formação de lodo e limo, causando assim entupimento de filtros e linhas de combustível, o que pode levar a danos no sistema de injeção dos veículos” (HE et al., 2007, tradução nossa).

Segundo o especialista em óleo usado e análise de petróleo Kelvin Hieatt, a contaminação microbiana entope filtros, causa perda de potência, má autonomia, desgaste excessivo de bombas de bombas de combustível e injetores e pode resultar no desligamento do motor em situações inoportunas. Na Figura 19 está registrado a análise de um filtro retirado de um sistema, contaminado pela ação microbiana.

Figura 19: Filtro entupido por ação microbiana



Fonte: Diesel Clean

O filtro separador, portanto, passa a ter papel fundamental no sistema de alimentação dos motores diesel.

5.1 Óleo Diesel E Higroscopicidade

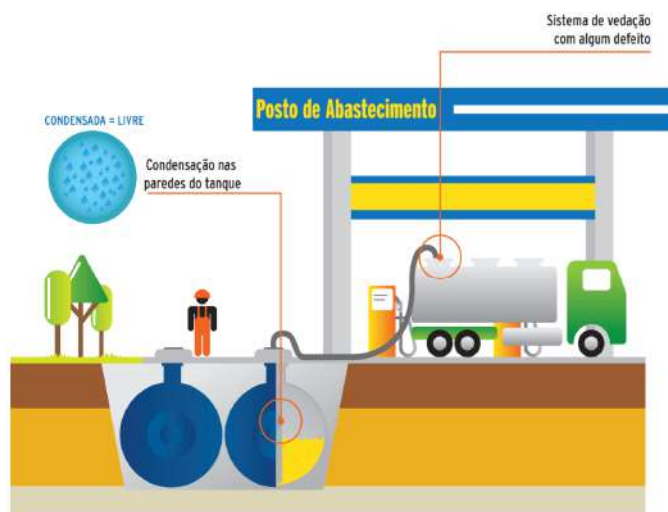
De acordo com o 2º artigo da resolução 42/2009 da ANP, o óleo diesel, por definição, é classificado em:

I - Óleo diesel A: combustível produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural destinado a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário, sem adição de biodiesel.

II - Óleo diesel B: combustível produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural destinado a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário, com adição de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente.

Uma das formas mais comuns de contaminação acontece através de falha no sistema de vedação durante o fornecimento de combustível aos postos de abastecimento, ilustrado na Figura 20, em que o ar que entra no tanque se condensa e forma água livre. “Em média o óleo diesel B pode passar por 4 a 8 tanques e em todos esses tanques há possibilidade de conter alguma água, caso a transportadora não tenha tomado os devidos cuidados.” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2011)

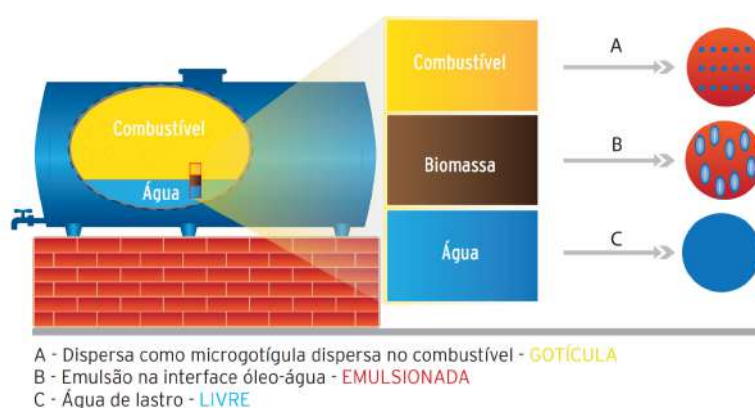
Figura 20 – Condensação em reservatório



Fonte: CNT

Segundo um artigo da CNT, a água pode estar presente no tanque em três formas: dispersa como microgotícula, emulsionada ou livre. É necessária a observação de que a concentração de apenas 1% de água em um sistema de armazenamento de diesel é o suficiente para a formação de micro-organismos. A Figura 21 demonstra a contaminação da água em tanques de combustíveis.

Figura 21 – Sedimentação do diesel



Fonte: CNT

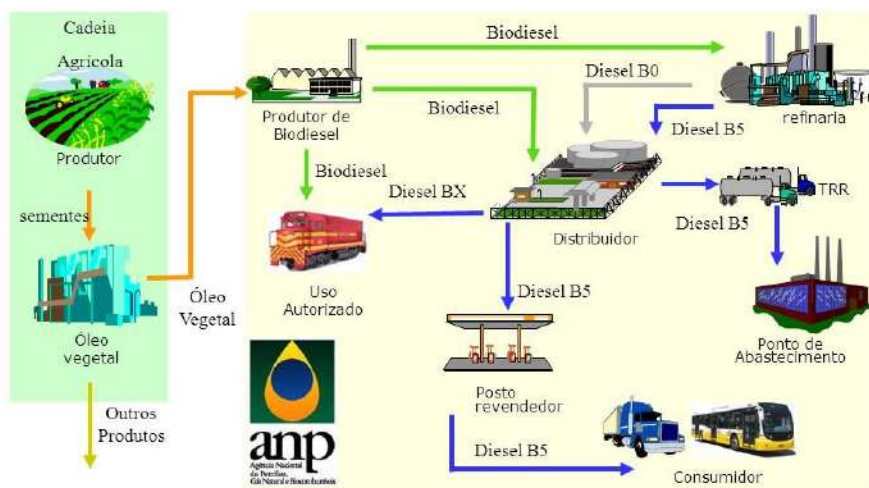
5.2 Biodiesel e teor de enxofre

“Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL. Lei n. 9.478, de 6 de ago. de 1997. Introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, Brasília,DF, ago 1997)

O biodiesel tem como origem biomassa renováveis, primordialmente gorduras vegetais e também produzido a partir de sebo animal. Essa matéria-prima é transportada ao produtor de biodiesel, que distribui o B100 parte à refinaria de petróleo e parte diretamente para ser utilizado como combustível no transporte ferroviário. Da refinaria, além obviamente do óleo diesel B0 (ou tipo A, sem adição de biodiesel), também é encaminhado ao distribuidor o diesel BX, já com a quantidade de biodiesel especificada pela lei vigente. O distribuidor, por sua vez,

fornece o combustível ao ponto de abastecimento para a estocagem do diesel e, finalmente, aos postos revendedores para aos consumidores, onde podemos analisar todo o esquema de distribuição na Figura 22.

Figura 22 – Rede de Distribuição do Biodiesel



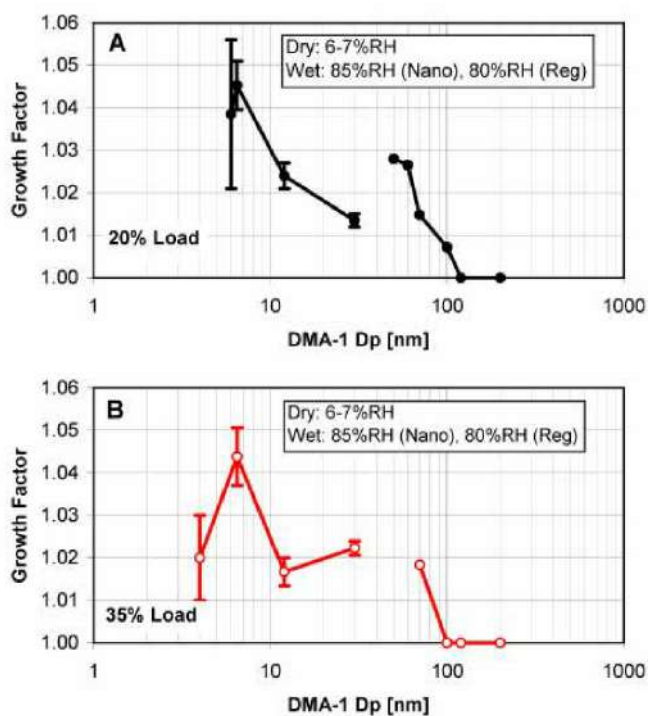
Fonte: ANP

Por ter características físicas e químicas similares ao diesel mineral e, além disso, conter baixo teor de enxofre, o biodiesel é um combustível favorável no que diz respeito ao controle de emissões. Porém, segundo a CNT (2001), “possui características inferiores como maior biodegradabilidade” e, de acordo com o CENPES (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás), é cerca de 30 vezes mais higroscópico do que o diesel mineral, agravando o problema da quantidade de água no combustível.

Além do teor de biodiesel no combustível, o teor de enxofre no mesmo também aumenta a higroscopicidade do fluido. Um estudo realizado pela Universidade da Califórnia, Riverside (UCR) sobre nano partículas do diesel realizou um experimento para verificar a higroscopicidade de dois diferentes tipos de diesel: 96 ppm S (diesel com 96 partes por milhão de enxofre) e 360 ppm S (360 partes por milhão de enxofre). Os resultados foram expressados pelo aumento das nanopartículas do diesel em decorrência da absorção da umidade. No diesel 96 ppm S não foram encontrados resultados significativos de aumento dessas nanopartículas, indicando uma higroscopicidade não tão alta. Já com o diesel 360

ppm S, os resultados foram expressados no seguinte gráfico:

Figura 23 – How sulfur affects the hygroscopicity



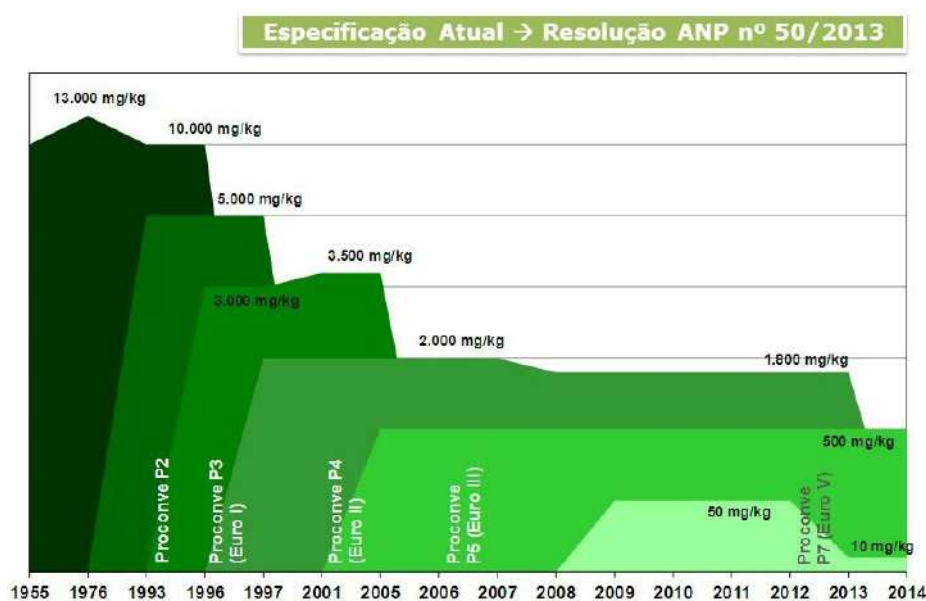
Fonte: Chemical Analysis of Diesel Nanoparticles

Os gráficos foram realizados em um veículo com regime de carga de 20% e 35%, respectivamente, em condições secas (6-7% de umidade relativa) e úmidas (80-85% de umidade relativa). Nas abscissas, foram mostrados os diâmetros médios iniciais das partículas, expressados em nanômetros. Já nas ordenadas, foram mostrados os fatores multiplicativos de crescimento dessas partículas em decorrência da absorção de água, mostrando que uma maior quantidade de enxofre no diesel também aumenta a higroscopicidade do mesmo.

Entretanto, o teor de enxofre hoje em dia já não é tão grave como antigamente. Houveram diversas mudanças de acordo com a ANP e o PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar Por Veículos Automotores) que se baseou em leis de emissões europeias para estipular, entre outras coisas, o teor máximo de enxofre no combustível, ilustrado na Figura 24. Hoje, segundo a Resolução nº 62/2011, que trata da distribuição e revenda varejista de Óleo Diesel com baixo teor

de enxofre, “o estabelecimento revendedor que possuir no mínimo dois bicos abastecedores de óleo diesel, ligados a mais de um tanque de armazenamento, sendo o número de bicos abastecedores de diesel superior à soma do número de bicos abastecedores de gasolina e etanol, deverá comercializar Óleo Diesel de baixo teor de enxofre” (RANP nº46/2011), considerando o óleo diesel de baixo teor de enxofre o combustível com 10ppm S e 50ppm S.

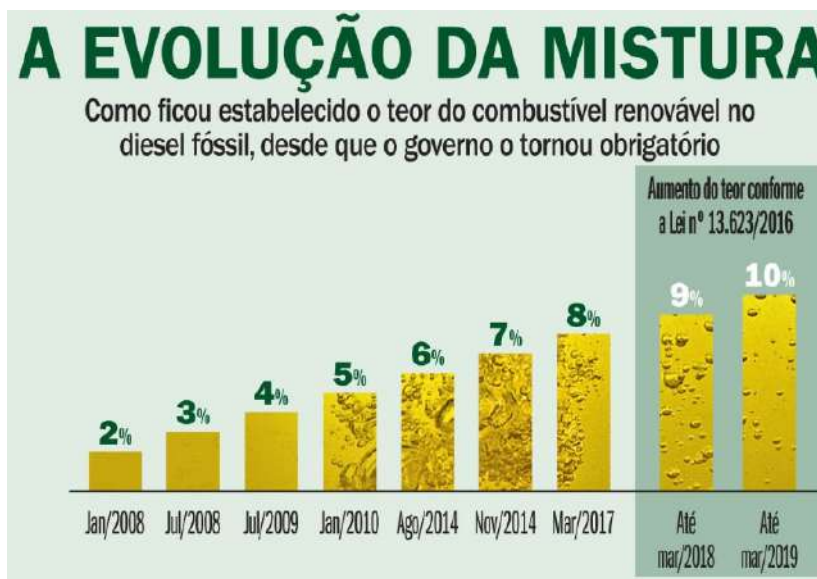
Figura 24 – Teor de Enxofre no diesel



Fonte: ANP

Porém, embora o teor de enxofre não seja mais um agravante quando se trata de contaminação por água nos veículos modernos, o biodiesel, sendo 30 vezes mais higroscópico que o diesel mineral, continua sendo cada vez mais utilizado. Nos últimos 10 anos houve, por legislação, um aumento de 8% no teor de biodiesel no diesel comercial, e a tendência é continuar crescendo no futuro, como informa a Figura 25, aumentando a contaminação por água e demandando sistemas e estratégias de filtragem mais eficientes nos veículos a diesel.

Figura 25 – Porcentagem da mistura



Fonte: ANP

6 PROTÓTIPO

A partir do estudo demonstrado entendemos que o filtro diesel é de fundamental importância para os sistemas subsequentes interligados, por conta da retenção da água contaminada misturada no combustível. Em conjunto com esta observação, a manutenção e limpeza do dreno se faz necessário, pois o recipiente (copo) deve conter o mínimo de presença de água com diesel a ser filtrado.

Hoje em dia, no mercado de peças há diversos tipos de copos que identificam a quantidade de água filtrada, porém, ainda se faz necessária a drenagem manual da água coletada. Portanto, foi notada a necessidade do desenvolvimento de um protótipo acoplado no filtro do sistema de alimentação do motor, puramente para inibir qualquer problema relacionado à saturação do copo, realizando uma drenagem automática a partir da presença de alto volume de líquido no reservatório.

6.1 Desenvolvimento do protótipo

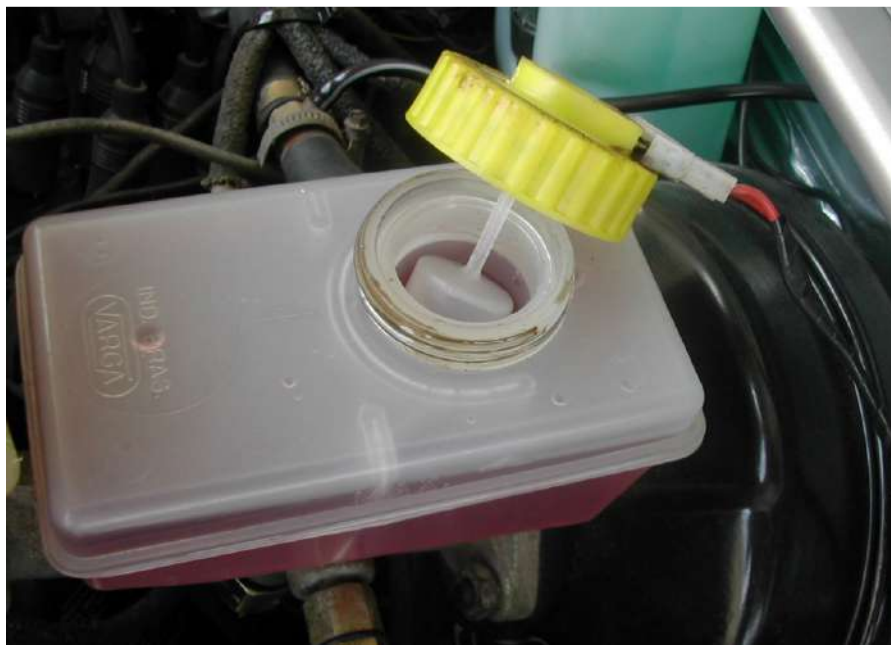
Foram discutidas diversas ideias para o desenvolvimento do protótipo, como

a utilização de um sensor de nível de água para fazer o controle do volume de armazenamento. Visando a simplicidade e a redução de custos do projeto decidimos utilizar em conjunto componentes que já são utilizados em outras partes do veículo.

O recipiente que armazena o líquido, desde o início, foi definido a utilização de uma peça com maior proximidade ao copo convencional presente em todos os filtros separadores, concentrando a discussão sobre qual seria o método utilizado para controle de volume do fluido. Foi decidido, portanto, que utilizaríamos o simples mecanismo encontrado em reservatórios de fluido de freio.

Na figura 26, podemos observar que o sistema utiliza uma boia para fazer a medição do nível de fluido de freio, que dependendo de sua posição, emitirá um sinal para o painel de controle do veículo, indicando a necessidade de vistoria.

Figura 26 – Reservatório de fluido de freio



Fonte: Widmen

Nosso sistema parte desse princípio, utilizando a boia instalada em baixo do reservatório, com a boia virada para cima, ilustrada na Figura 27. De acordo com o preenchimento de água no copo, a boia sofrerá um deslocamento de

aproximadamente 6mm, permitindo a vazão de água para o meio externo. Pode ser possível com a utilização de materiais menos densos que a água e mais denso que o diesel.

Figura 27 – Tampa do reservatório



Fonte: A autoria própria (2018)

A posição da boia se altera de acordo com o nível do fluído, sendo que, caso este nível esteja baixo os polos encontrados na parte interna da tampa, Figura 28, entrarão em contato com a arruela fixada no corpo da boia, Figura 29. Logo irá alegar que há pouco fluído de freio no reservatório.

Figura 28 - Polos internos da tampa



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 29 – Boia e arruela



Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 30 está ilustrado o reservatório que utilizamos como parâmetro para acoplar as outras peças do projeto.

Figura 30 – Reservatório



Fonte: Autoria própria (2018)

A partir da obtenção dos dois itens iniciamos o processo de adaptação ou união de ambas, pois como visto são componentes de sistemas diferentes.

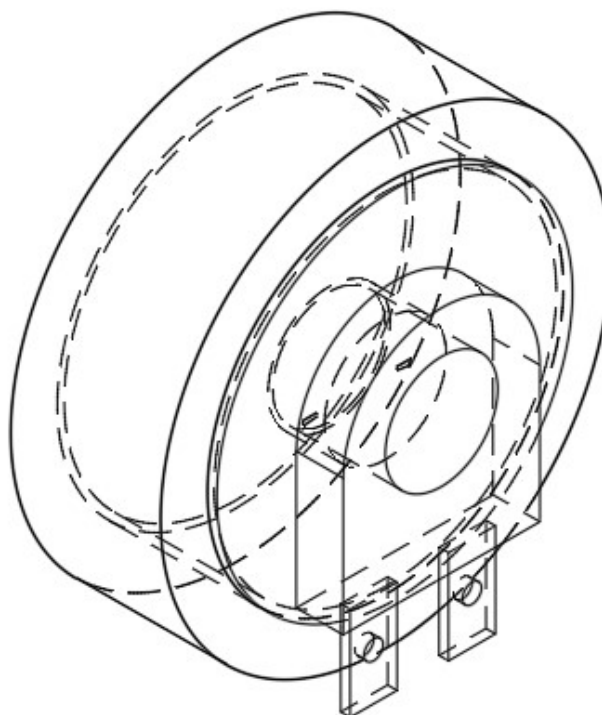
6.2 Modelando o protótipo no Fusion 360

A modelagem na ferramenta Autodesk Fusion 360 necessitou de aferição das peças que nos baseamos para o desenvolvimento do protótipo, sendo necessário o uso de um paquímetro de precisão. Esta parte do projeto necessitou de uma devida atenção, pois tivemos que adaptar a folga da boia com a espessura do reservatório. Além disso, a devida atenção na altura do suporte da tampa e o passo da rosca para criarmos um reservatório adequado. Por se tratar de um esquema mais simples (reservatório) iniciamos com o desenho da tampa.

6.2.1 Tampa

A respeito da sua modelagem, conforme a Figura 31, utilizamos o processo de construção da parte externa para a interna, não tendo um motivo relevante para iniciar o desenho dessa forma. Após esboçar os dois diâmetros externo (38 e 48 mm.) extrudamos cada círculo dando forma para o objeto. Com o corpo moldado facilitou-se o trabalho de recortar o furo central e a construção do suporte dos pinos.

Figura 31 – Esboço da tampa

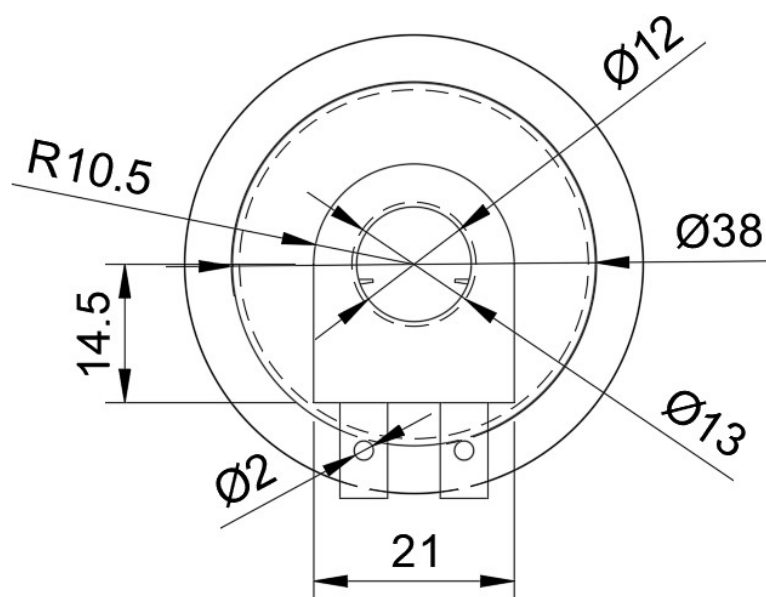


Fonte: Autoria própria (2018)

O furo central (12 mm.) é a região onde comporta o suporte da boia com a arruela. Nele se encontram dois pontos de suporte que limitam o deslocamento vertical (6 mm.), e que também tem a função de fechar contato da arruela com os pinos. Esse contato demonstrará que a boia está na sua altura de abertura máxima, sendo assim, havendo algum problema de entupimento do orifício de descarte do líquido o contato entre a arruela e os pontos do suporte acenderá uma luz de

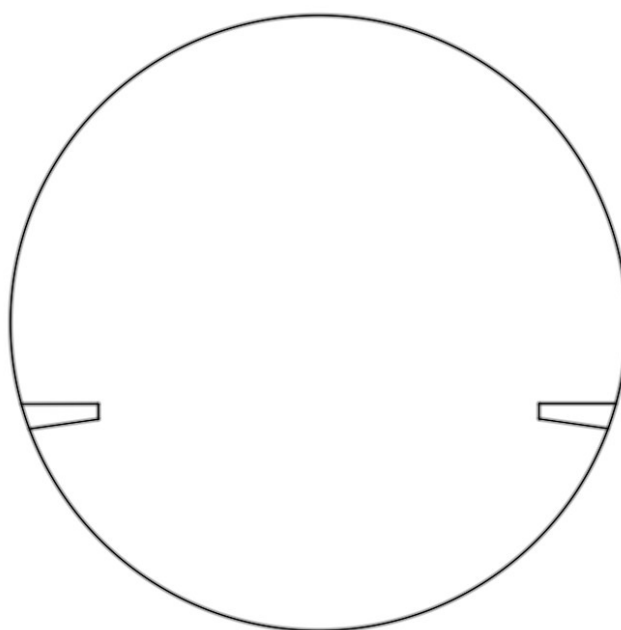
atenção no painel de instrumentos do veículo. As Figuras 32, 33 e 34 apresentam todas as especificações do item citados acima.

Figura 32 – Vista superior da tampa



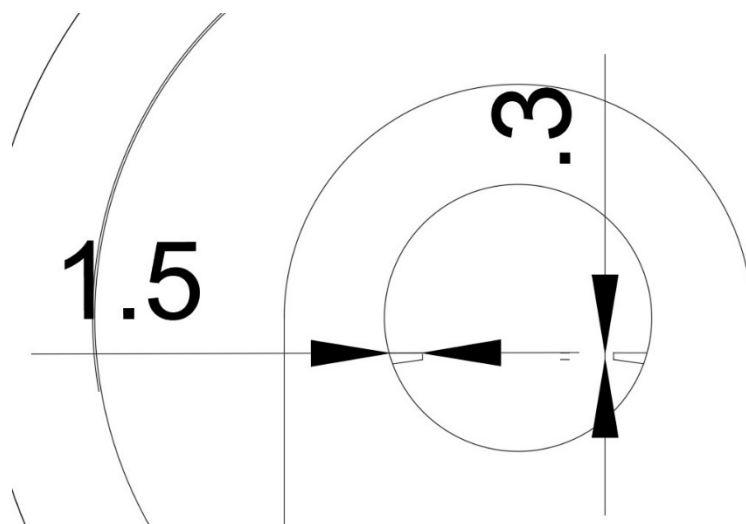
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 33 – Vista superior do suporte



Fonte: Autoria própria (2018)

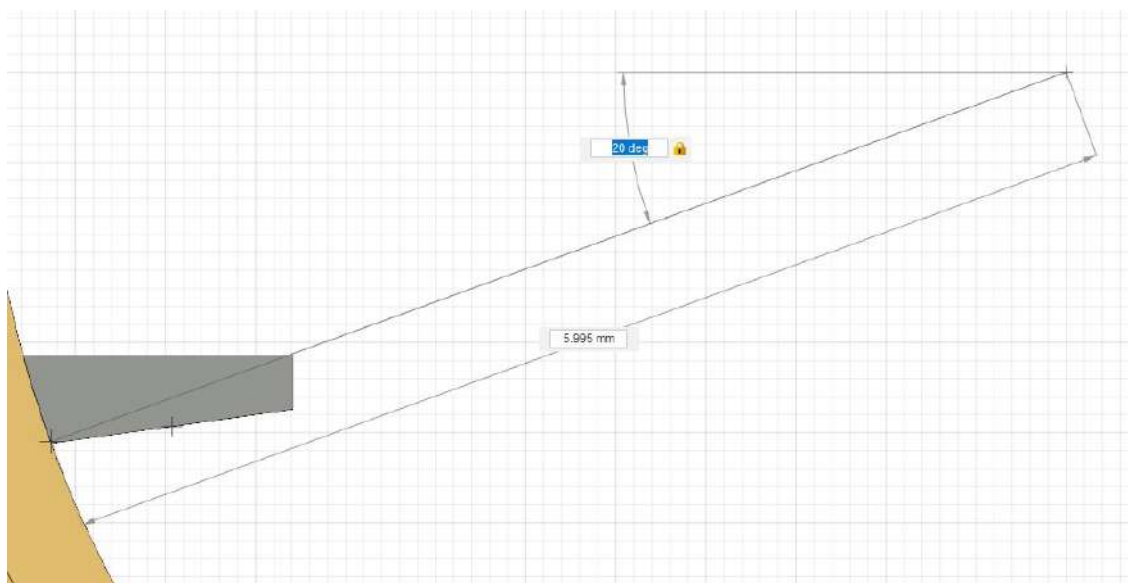
Figura 34 – Medidas do suporte



Fonte: Autoria própria (2018)

Os suportes foram projetados com uma angulação de 20 graus, em relação ao centro da peça ao ponto inferior, como informa a Figuras 35, para facilitar a entrada da boia.

Figura 35 – Ângulo do centro ao ponto inferior do suporte

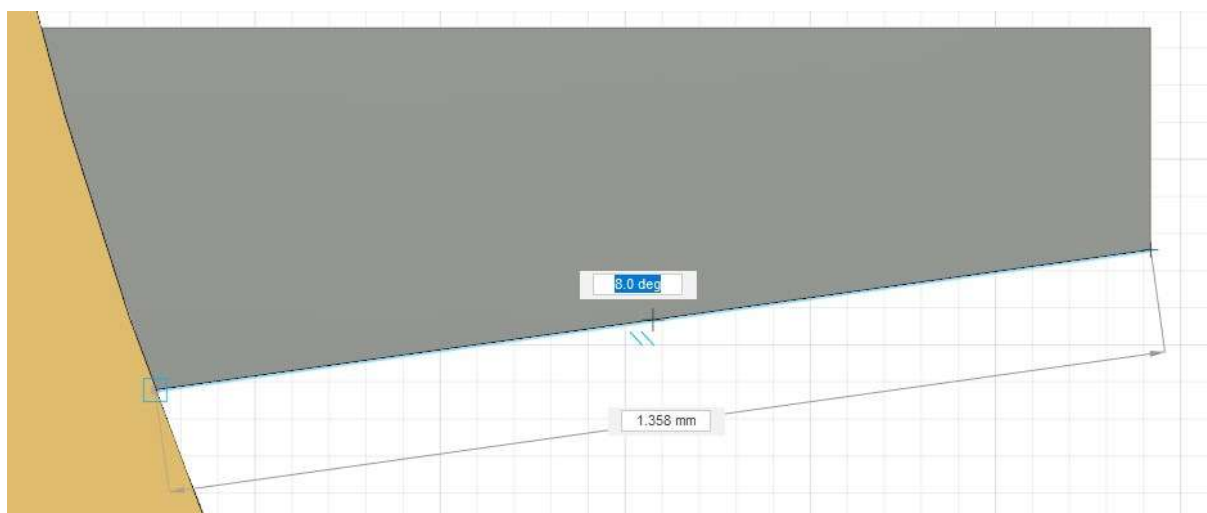


Fonte: Autoria própria (2018)

Encontrado o ponto inicial de construção foi montado o desenho de como

seria o suporte (para ambos os lados). Na Figura 36, é demonstrado a angulação inicial de 8 graus e a medida da aresta

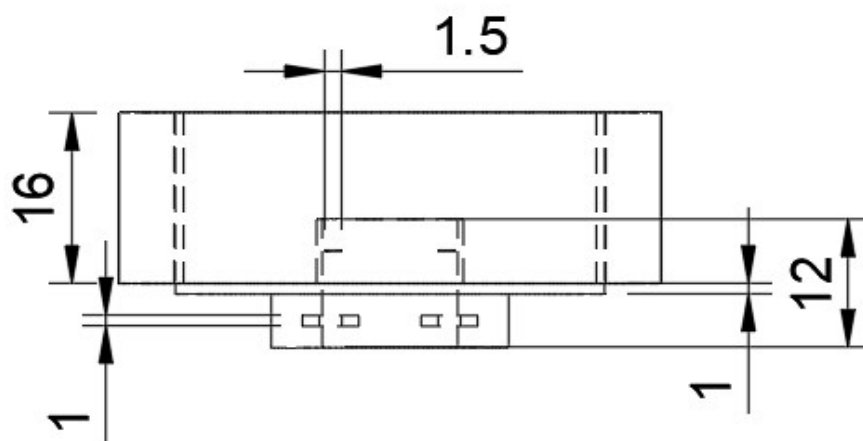
Figura 36 – Ângulo da aresta inferior



Fonte: Autoria própria (2018)

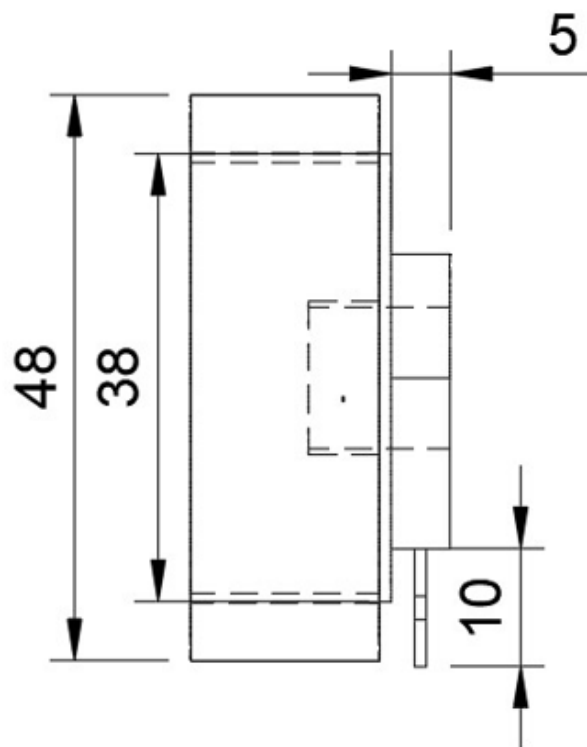
Na Figura 37 e 38 está especificado as medidas utilizadas para a construção do item.

Figura 37 – Vista lateral da tampa



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 38 – Vista frontal da tampa

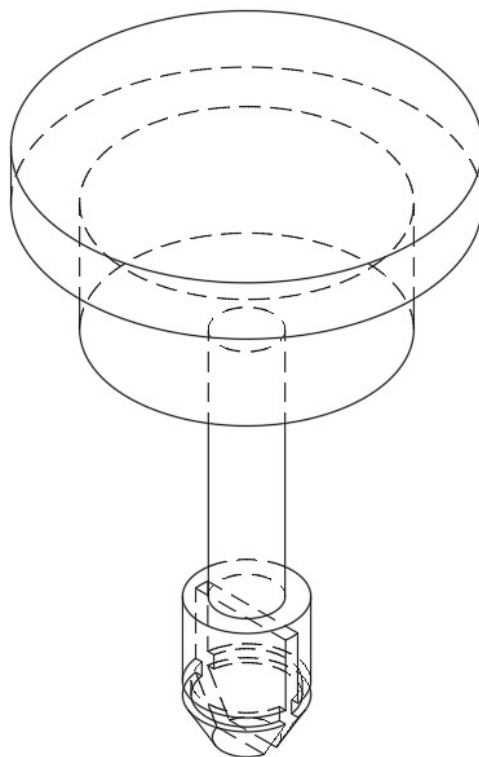


Fonte: Autoria própria (2018)

6.2.2 Boia e arruela

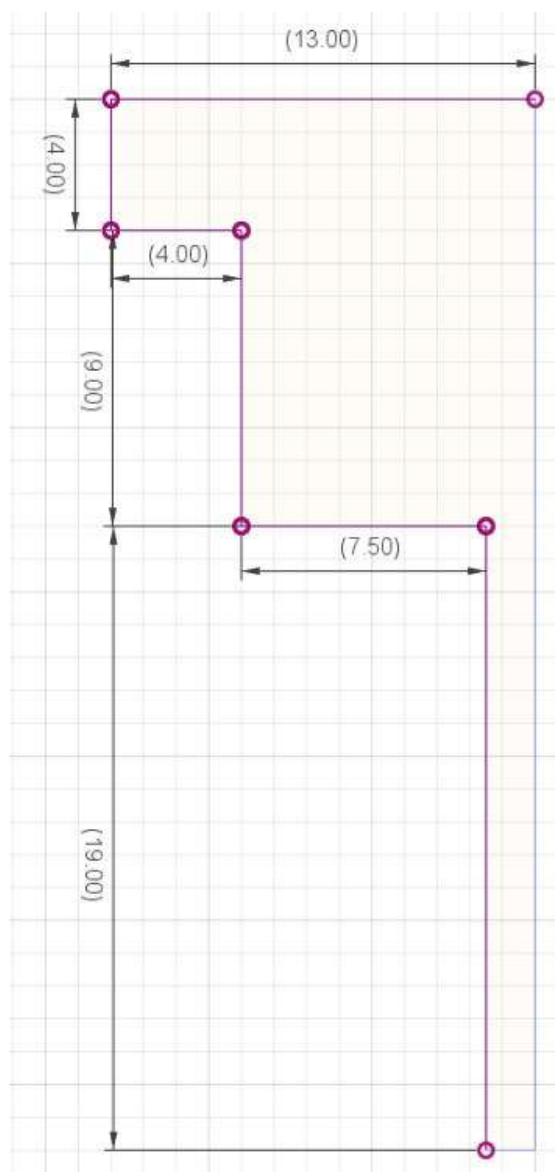
Para a modelagem da boia, Figura 39, foi utilizado uma ferramenta no programa Fusion chamada “revolve”. Esta permite extrudar um corpo necessitando apenas das medidas de uma face, esquema mostrado na Figura 40. A partir dessa face o software irá modelar as medidas geométricas informadas em um ângulo de 360 graus.

Figura 39 – Esboço da boia



Fonte: Autoria própria (2018)

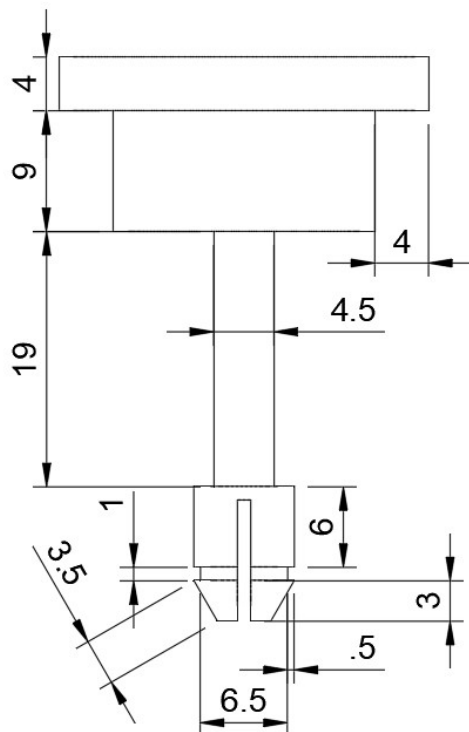
Figura 40 – Face inicial superior da boia



Fonte: Autoria própria (2018)

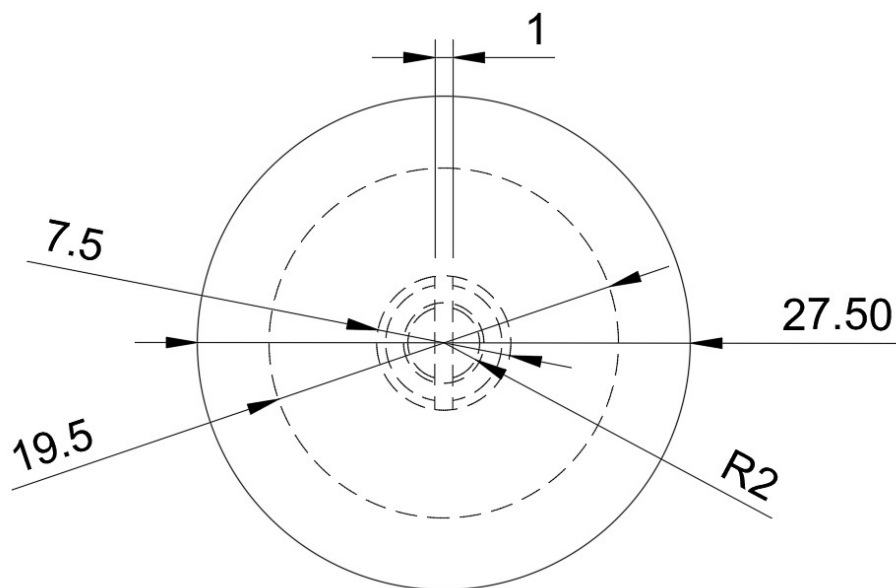
Utilizando o mesmo processo na parte inferior obtivemos o resultado e as medidas mostrados na Figuras 41 e Figura 42.

Figura 41 – Medidas da boia



Fonte: Autoria própria (2018)

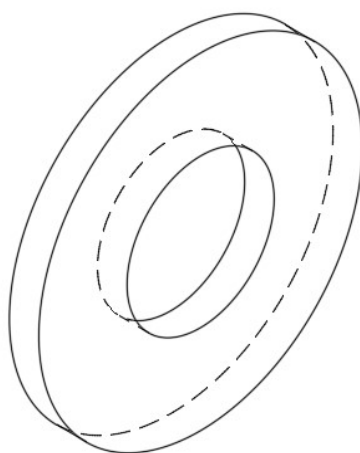
Figura 42 – Vista superior com medidas



Fonte: Autoria própria (2018)

Para o molde da arruela, Figura 43, extrudamos um círculo interno com medidas próximas ao alojamento da boia. Vale lembrar que, por se tratar de peças industriais fabricadas por lotes deve-se levar em conta que algumas arruelas poderão apresentar medidas diferentes, logo a folga imposta a este conjunto seria de 0.2 mm.

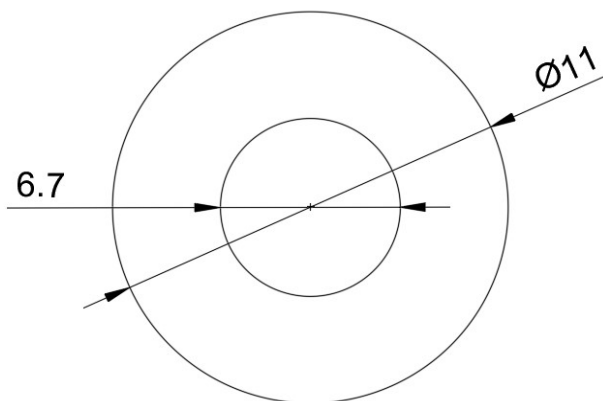
Figura 43 – Esboço da arruela



Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 44 podemos confirmar as medidas utilizadas na construção da arruela.

Figura 44 – Medidas da arruela

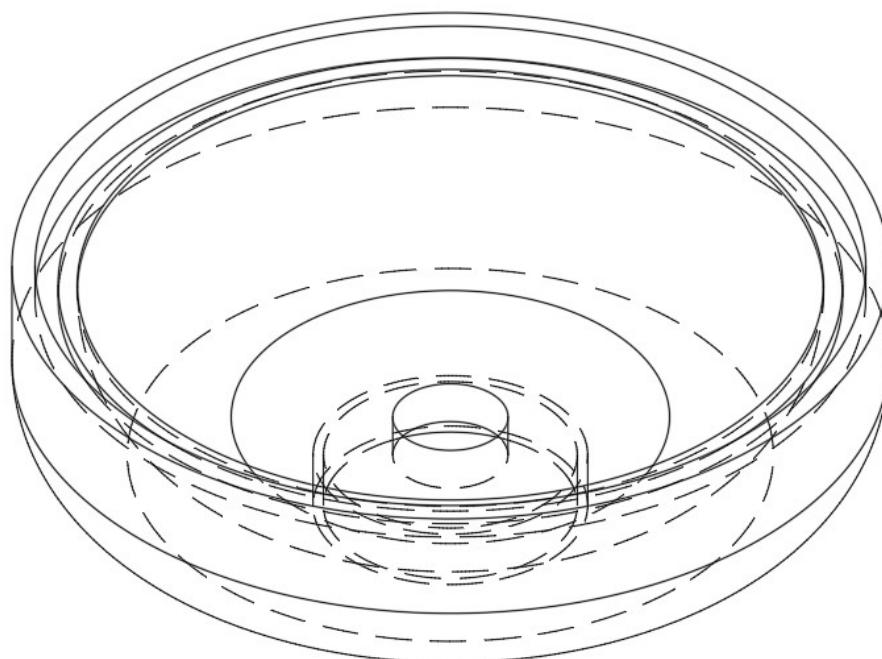


Fonte: Autoria própria (2018)

6.2.3 Reservatório

Para o reservatório, ilustração da Figura 45, foi necessário se basear nos modelos presentes no mercado, pois a ideia do projeto é que esta peça possa ser implementada em diversos tipos de filtros. Sendo assim, o design externo foi mantido, comparado a outros reservatórios, porém na parte inferior implementamos o suporte de rosca para o acoplamento do conjunto tampa + boia. A medida do passo da rosca é de 2mm e a crista é de 1,5mm.

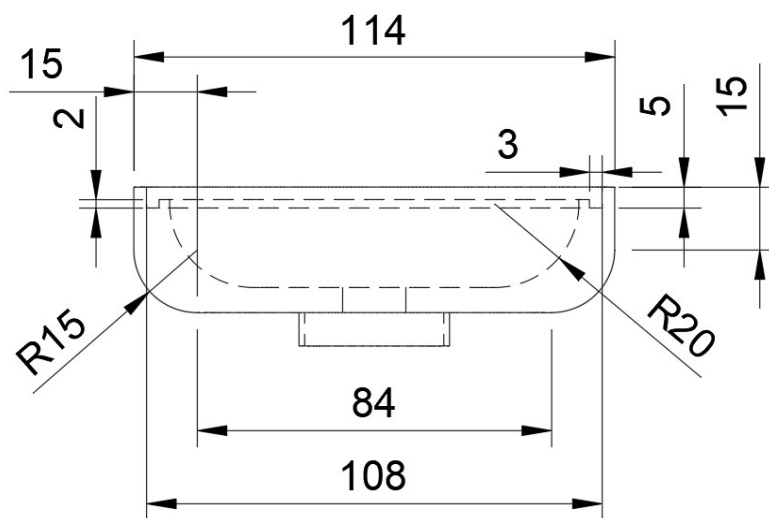
Figura 45 – Esboço do suporte



Fonte: Autoria própria (2018)

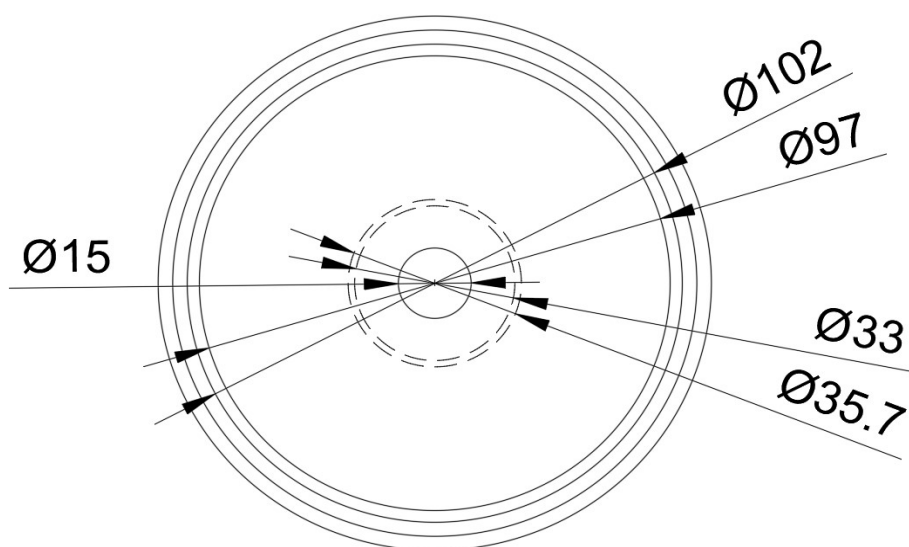
Nas Figuras 46 e 47 estão especificadas as medidas utilizadas na modelagem:

Figura 46 – Medida do reservatório



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 47 – Medidas Internas



Fonte: Autoria própria (2018)

7 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

A partir do momento que os componentes foram finalizados, bastou apenas reuni-los pelo próprio software em um plano, possibilitando visualização de um futuro sistema já em operação, conforme as Figuras 48 e 49 demonstra. Vale ressaltar que o Fusion 360 permite modificar o tipo de material dos corpos, entretanto não simula

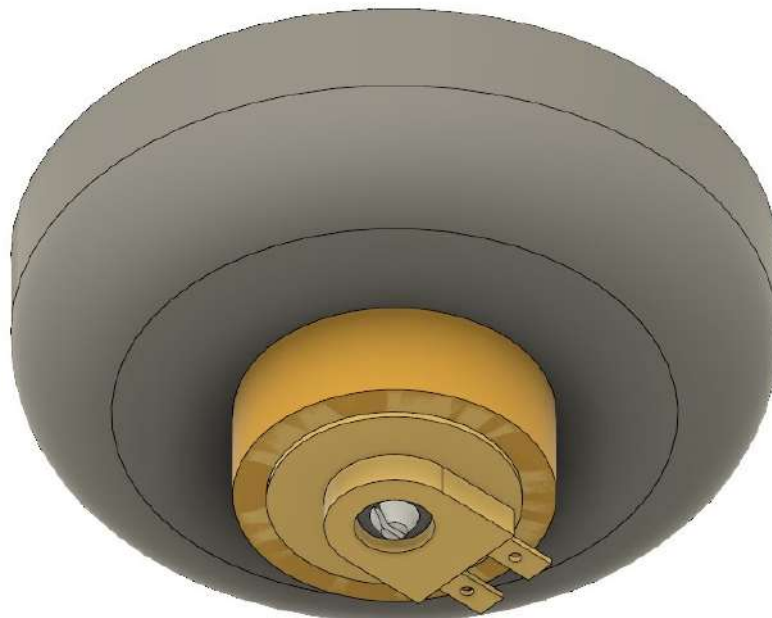
o comportamento dos sólidos quando expostos a outro tipo de substância.

Figura 48 – Parte Superior do Protótipo



Fonte: Autoria própria (2018)

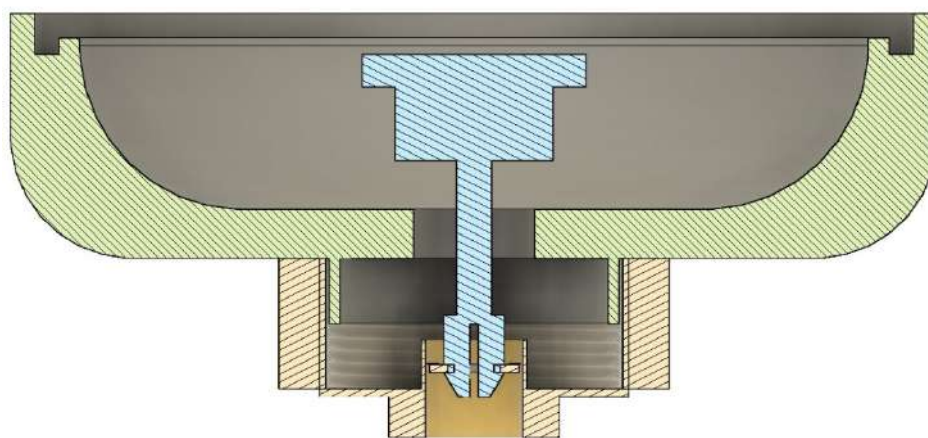
Figura 49 – Parte Inferior do Protótipo



Fonte: Autoria própria (2018)

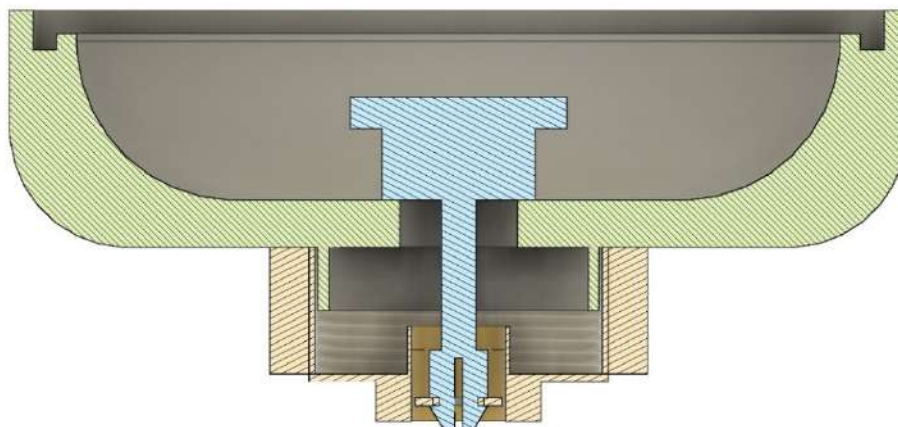
Para um melhor entendimento, na Figura 50 e 51 mostra as duas posições de amplitude máxima e mínima, ou seja, quando o sistema está com o máximo de água e em posição de repouso (fechado).

Figura 50 – Vista em corte com a boia aberta



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 51 – Vista em corte com a boia fechada



Fonte: Autoria própria (2018)

Com o desenho feito, bastou apenas a montagem em molde real do protótipo, como visto na Figura 52.

Figura 52 – Protótipo em fase final



Fonte: Autoria própria (2018)

Percebe-se que foi adicionado uma solenoide na versão final deste projeto, sendo essa adição, uma necessidade encontrada após a realização da montagem. O motivo é que a ferramenta de modelagem Fusion 360 não realiza simulações com tipos de materiais diferentes, ponto primordial para definir o tipo de material da boia. Logo, possibilita novos estudos de atualização do protótipo. A Figura 53, demonstra de forma mais clara a adição deste item.

Figura 53 – Solenoide instalada na parte inferior



Fonte: Autoria própria (2018)

8 CONCLUSÃO

Como visto, a tendência de utilização do biodiesel, para a realidade brasileira, é crescer, por ser um sistema mais viável e limpo de geração de energia. Todavia, mesmo reduzindo as emissões e a porcentagem de enxofre no diesel, os componentes mecânicos tenderão a sofrer mais com o fator higroscópico por conta das características do próprio biodiesel. Dessa forma, concluímos que se faz necessária essa mudança de forma inteligente, ou seja, implementando e atualizando sistemas que auxiliam na filtragem do combustível e na disposição dos fluidos filtrados. No caso deste trabalho de graduação, o descarte de forma simples foi a prioridade para a criação de um mecanismo promissor, que ainda está em desenvolvimento. O próximo passo é a realização de um profundo estudo sobre os materiais que poderão ser utilizados neste projeto, algo muito importante quando se analisa a compatibilidade de compostos do material com os líquidos do sistema diesel. Outra questão seria a confirmação da troca da boia para a solenoide (já implementada) em conjunto com um sensor de nível de água, que possivelmente forneceria uma maior segurança durante o uso da peça.

9 PROPOSTAS FUTURAS

- Atualização do protótipo e modificações necessárias;
- Análise química do material e sua compatibilidade com a aplicação;
- Utilizar outras formas de descartar o líquido drenado.

10 BIBLIOGRAFIA

Apostila CNT - Procedimentos para preservação da Qualidade do Óleo Diesel B.

B. B. He, J. C. Thompson, D. W. Routt, J. H Van Gerpen. Moisture Absorption in Biodiesel and its Petro-Diesel Blends. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=22320> . Acesso: 15 de Novembro de 2018, às 18h22min.

BLUCHER, Manual de Tecnologia Automotiva Bosch.

BOSCH. Injeção Common Rail. Disponível em: http://br.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts.html . Acesso: 11 de Abril de 2018, às 14h32min.

BOSCH, Teoria para curso de Bomba Injetora A e Bomba Injetora P. 2013.

Chemical Analysis of Diesel Nanoparticles - Final Report to the University of California, Riverside.

CHRYSLER, Daimler. Descrição de Funcionamento dos módulos PLD e ADM . Global Training.

EMANUELLI *et al*, SENAI. SP. Sistema de Gerenciamento Eletrônico - Diesel. São Paulo, 2003. 82p. il.

FUEL-PRO, Fuel Polishing and Reconditioning. Disponível em: <https://www.fuel-pro.com/fuel-polishing.html> . Acesso: 12 de Novembro de 2018, às 22:30min.

HIEATT, Kelvin. Housekeeping and monitoring is a must. Disponível em: <http://www.dieselsclean.co.nz/in-your-tanks>. Acesso: 8 de Dezembro de 2018, à 1:20.

Norma ANP - Resolução ANP Nº 40/2008

Resolução ANP nº62/2011 – Óleo Diesel com baixo teor de enxofre.

Norma ANP - RESOLUÇÃO ANP No 65, DE 9.12.2011 - DOU 12.12.2011.

DUARTE, Vinícius Garcia, *Downsizing do motor Diesel*. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Fatec Santo André, Santo André, 2015.