

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**AUTOMAÇÃO EM MOTORES DIESEL: ESTUDO SOBRE A
TECNOLOGIA COMMON RAIL**

Rodrigo Xavier Bohrer

**Rio de Janeiro
2014**

Rodrigo Xavier Bohrer

**AUTOMAÇÃO EM MOTORES DIESEL: ESTUDO SOBRE A
TECNOLOGIA COMMON RAIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Júlio Cesar de Jesus, Dr

Coorientador: Prof. José Barbosa da Silva

Filho, Esp

**Rio de Janeiro
2014**

B6766 Bohrer, Rodrigo Xavier
Automação em Motores Diesel: Estudo sobre a Tecnologia Common
Rail / Rodrigo Xavier Bohrer – Rio de Janeiro, 2014. – 29 f.:il.

Orientador: Júlio Cesar de Jesus
Coorientador: José Barbosa da Silva Filho
Monografia (graduação) – Escola de Formação de Oficiais da
Marinha Mercante, 2014.

1. Injeção Eletrônica. 2. Emissões de Poluentes. 3. Motor Diesel.
I. Título

CDU 681.5

Rodrigo Xavier Bohrer

**AUTOMAÇÃO EM MOTORES DIESEL: ESTUDO SOBRE A
TECNOLOGIA COMMON RAIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data de Aprovação: ___ / ___ / ___

Orientador: Prof. Júlio Cesar de Jesus, Dr

Assinatura do Orientador

Coorientador: Prof. José Barbosa da Silva Filho, Esp

Assinatura do Coorientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado a continuar no meu objetivo.

Aos meus pais, Sérgio Murilo Pinto Bohrer e Lúcia Helena Xavier Bohrer pelos conselhos e ensinamentos que fizeram eu ser o homem que sou.

Ao meu orientador, Júlio César de Jesus que desde que eu ingressei nessa escola ele me incentivou a pesquisa.

Aos meus amigos Nilo Orlandi e Patrick Rodrigues, que me ajudaram muito nos estudos e no meu moral.

Aos meus amigos do camarote Luís Augusto e Juan Maia pelo o bom convívio que tive com eles durante esse processo.

Ao Luiz Gabriel que esteve comigo, me ajudando a aprender outras formas de aprendizado.

RESUMO

Neste trabalho é mostrado os principais sensores e atuadores no sistema *Common Rail* que é um tipo de injeção em motores Diesel e as vantagens da automação nos motores Diesel marítimo.

São apresentadas as principais emissões de poluentes dos motores Diesel em comparação às baixas emissões no sistema *Common Rail*.

Palavras-chave: motor Diesel, rede comum, injeção eletrônica, automação, emissões de poluentes.

ABSTRACT

This paper is shown the main sensors and actuators of Common Rail which is a branch of injection in Diesel engines and the automation advantages in maritime Diesel engines.

The main pollutant emissions from diesel engines are presented in comparison to low emissions in Common Rail system.

Keywords: Diesel engine, common rail, electronic injection, automation, emissions of pollutants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO TEÓRICA	10
2.1 Motores de Combustão Interna - Ciclo Diesel.....	10
2.2 Sistema de alimentação – Processo Mecânico.....	11
2.3 Sistema de alimentação Common Rail	13
2.4 Emissão de Poluentes na combustão	13
2.4.1 Emissões de NOx	15
2.4.2 Emissões de CO	15
2.4.3 Emissões de CO ₂	16
2.4.4 Emissões de HC	16
3 O SISTEMA COMMON RAIL	17
3.1 O Common Rail.....	18
3.2 Injeção eletrônica do combustível	19
3.2.1 Sensor de temperatura e pressão no ar de admissão	20
3.2.2 Sensor temperatura filtro combustível	21
3.2.3 Sensor de pressão no Common-Rail.....	23
3.2.4 Eletroválvula do bico injetor	23
3.2.5 Sensor de rotação volante e posição do eixo de manivelas	24
3.2.6 Sonda Lambida.....	26
4 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ciclo Diesel	11
Figura 2.2 – <i>Common Rail</i> coletor de admissão de ar e do sensor MAP	12
Figura 2.3 - Gráfico emissões de poluentes <i>Caterpillar Common Rail</i>	15
Figura 2.4 - Câmara de combustão (Heywood, 1988).....	17
Figura 3.1 – Sistema de injeção <i>common rail</i>	19
Figura 3.2 – Poluentes <i>common rail</i> da MAN Diesel	20
Figura 3.3 – Sensor integrado MAP com de temperatura	21
Figura 3.4 – Filtro com sensor de temperatura tipo NTC.....	22
Figura 3.5 – Sensor de pressão na rede	23
Figura 3.6 – Corte transversal do bico injetor solenoide	24
Figura 3.7 – Sensor indutivo de rotação Bosch	25
Figura 3.8 – Sensor Indutivo e Sensor Hall	26
Figura 3.9 – Sonda lambda Bosch	27

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos motores Diesel, principalmente marítimos, tem a preocupação de sempre diminuir a emissão de poluentes com a melhor eficiência do motor, que levou o desenvolvimento de tecnologia ligado ao sistema de injeção de combustível.

As convenções como a MARPOL73/78¹ ditam regras a ser seguidas para prevenção da poluição por navios, criada pela IMO uma organização da ONU ligada a assuntos relacionados a atividade marítima comercial.

No Brasil a presidência da republica sancionou a lei N°9.966, de 28 de abril de 2000, que faz essa convenção ganhar poder de lei e aumentando ainda mais a preocupação de diminuir a emissão de poluentes.

Para atender essas exigências sem perder a eficiência do motor se fez necessária a evolução do sistema de injeção, e hoje temos a injeção eletrônica, nos motores Diesel que uma delas é o sistema *Common Rail*.

¹ MARPOL73/78. Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, 1993.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Motores de Combustão Interna - Ciclo Diesel

O motor de combustão interna por compressão é uma máquina térmica usada para transformar energia química em energia mecânica, pela queima do combustível na câmara de combustão.

Seu funcionamento é baseado em um ciclo termodinâmico, ciclo diesel. Esse ciclo foi definido pelo engenheiro mecânico Rudolf Christian Karl Diesel², inventor do motor diesel.

O motor diesel assim como o Otto realizam as quatro fases, que são chamadas de quatro tempos: Admissão, compressão, expansão e combustão.

- **Admissão:** É o início do ciclo, o pistão posicionado no ponto morto superior se move em direção ao ponto morto inferior devido ao movimento do eixo de manivelas. Neste momento a válvula de admissão é aberta aspirando o ar que fica no coletor, o ar é movido para dentro do cilindro devido a diferença de pressão.

- **Compressão:** O pistão no ponto morto inferior se move em direção ao ponto morto superior, devido ao movimento do eixo de manivelas, neste momento a válvula de admissão está fechada assim como a de exaustão. O ar é comprimido por sua vez a temperatura se eleva, perto do pistão chegar ao fim do seu curso é injetado o combustível pelo bico injetor aonde se inicia a combustão do Diesel devida a alta temperatura do ar.

- **Expansão:** Devido a combustão e elevada pressão no cilindro, os gases provenientes dessa queima emburram o pistão para baixo, indo do ponto morto superior para o ponto morto inferior. Neste momento no ciclo onde se realiza trabalho.

- **Exaustão:** O pistão se move do ponto morto inferior em direção ao ponto morto superior, devido ao movimento do eixo de manivelas, neste momento a

² Engenheiro mecânico alemão, inventor do motor Diesel e faz parte do *Automotive Hall of Fame* em 1978.

válvula de exaustão se abre e os gases provenientes da queima deixam a câmara de combustão, marcando o fim de um ciclo.

O ciclo pode ser visto pela figura 2.1 onde está representado o ciclo Diesel.

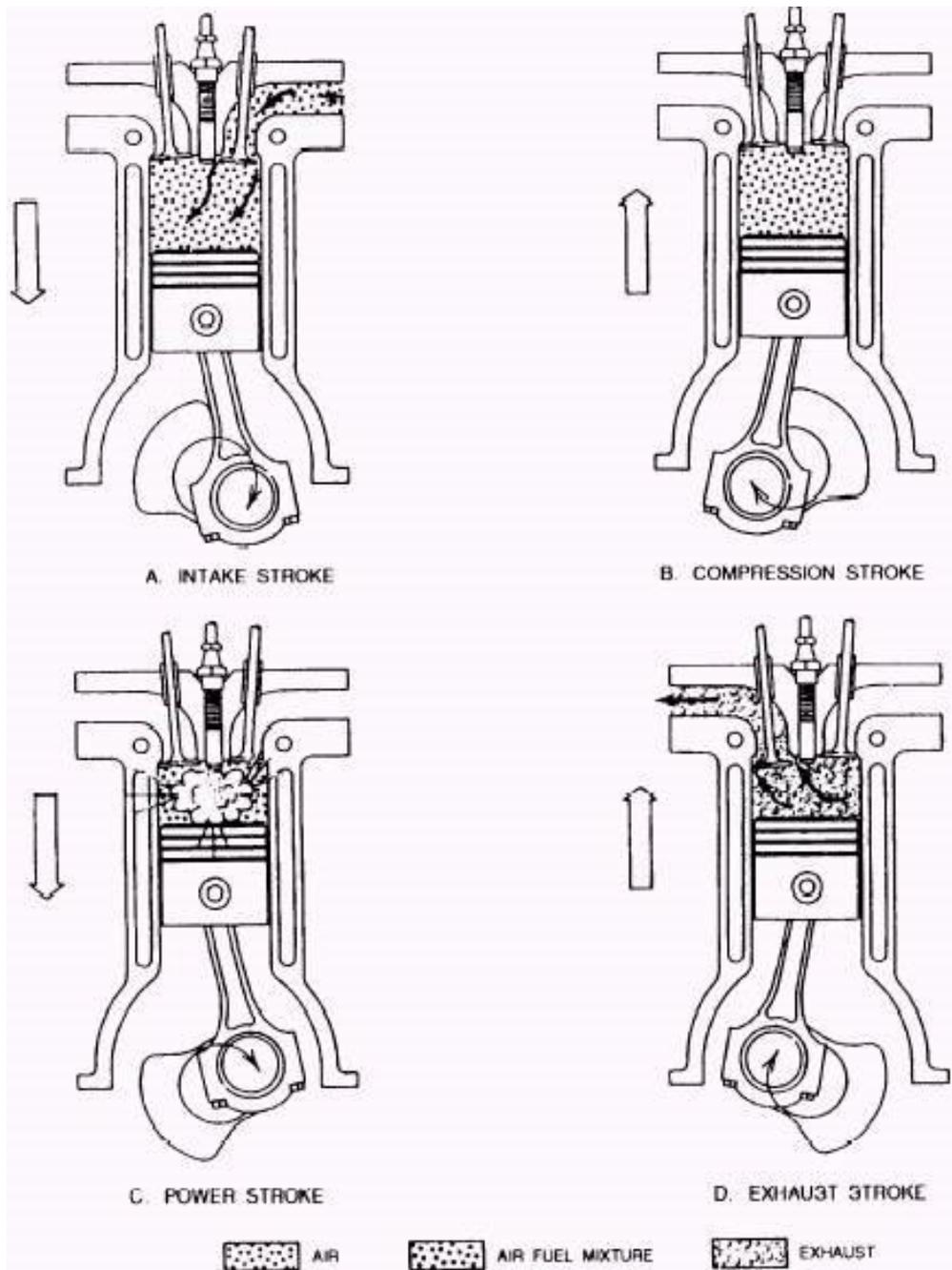


Figura 2.1 - Ciclo Diesel

Fonte: (http://www.tpub.com/eqopbas/12535_files/image020.jpg).

Em motores de combustão interna por compressão, a mistura do ar-combustível é feita na própria câmara de combustão.

2.2 Sistemas de alimentação – Processo Mecânico

A quantidade de ar admitida pelo motor está diretamente relacionada pela pressão de ar no coletor e a depressão gerada dentro do cilindro quando está no tempo de admissão, é a mesma ideia de quando estamos colocando um líquido numa seringa o líquido é puxado devido à diferença de pressão gerada. A quantidade de ar admitida tem a pressão e a temperatura como seus parâmetros e também o tempo que válvula de admissão fica aberta.

O coletor de ar de admissão junto e sensor de pressão e temperatura podem ser visualizado pela figura 2.2 a seguir, o modelado no programa Blender 3D.

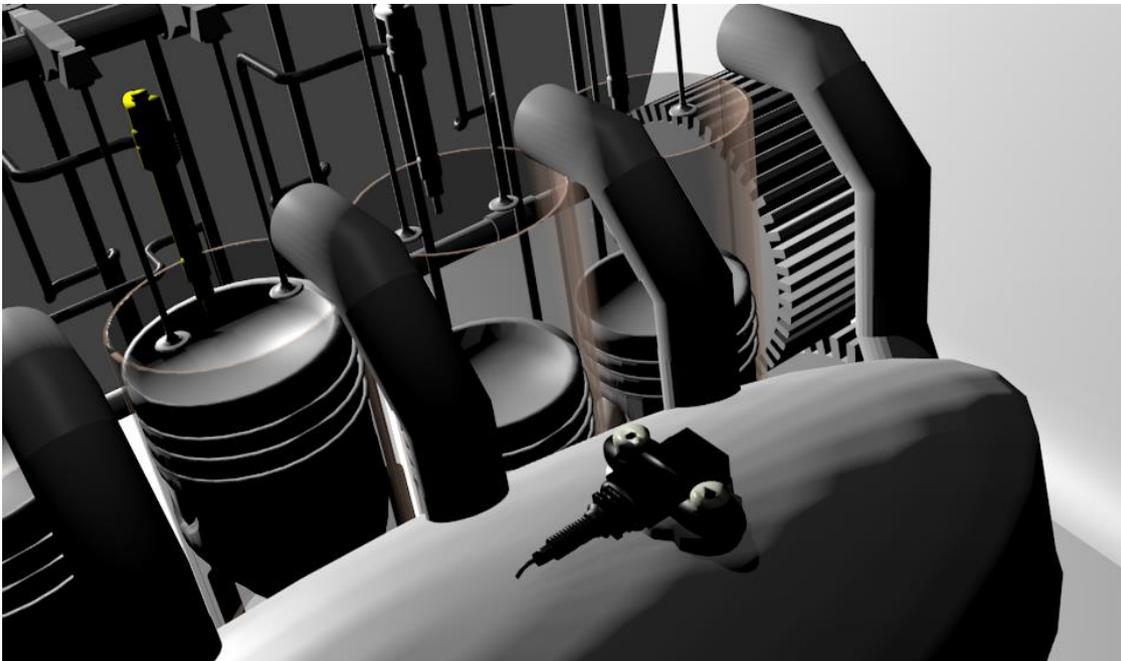


Figura 2.2 - Common Rail coletor de admissão de ar e do sensor MAP
Fonte: Autoria própria.

Como estamos em um processo mecânico o que dita o tempo que essa válvula se abre é a transmissão entre eixos, tendo o movimento de abertura das válvulas de admissão e descarga diretamente proporcional ao eixo de manivela e ao de eixo de cames.

O retorno das válvulas de admissão e descarga para a posição inicial depende do tempo de recuperação das molas que as compõem. As molas desgastadas perdem suas propriedades elásticas, prejudicando a eficiência do motor devido ao retardo causado no retorno das válvulas para posição de origem.

2.3 Sistema de alimentação *Common Rail*

No sistema de injeção eletrônica existe uma central eletrônica que coleta vários parâmetros para saber a quantidade exata de combustível a ser debitada.

Existem sensores que coletam a temperatura e a pressão do ar no coletor de admissão para calcular a massa de ar que entra na câmara de combustão, utilizando a lei dos gases ideais como base, fórmula 2.1, segundo HEYWOOD(1998):

$$PV=nRT(1)$$

P=Pressão;

V=Volume;

n=número de mols;

R=constante universal dos gases ideais;

T=Temperatura absoluta;

Nesse sistema, a injeção de combustível e o aumento da pressão são independentes, ou seja, o aumento de pressão do combustível é gerado por uma bomba que eleva a pressão do Diesel e deixa disponível para todos os injetores, independente da rotação do motor.

O combustível fica pressurizado em uma rede comum, *Common Rail*, no qual a quantidade de combustível é controlada pelo tempo de abertura da eletroválvula no bico injetor.

A pressão na rede, *common rail*, com cerca de 1400bar, tendo controle de pré-injeção, injeção principal e pós injeção para uma queima de qualidade, menor ruído, menor emissão de poluentes, desempenho de excelência e maior economia de acordo com a *Bosch Common Rail System*.

2.4 Emissões de Poluentes na combustão

Os motores Diesel são grandes poluidores do ar. Os gases emitidos pela queima são óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e

hidrocarbonetos que não são queimados completamente ou parcialmente. A quantidade de poluentes depende do projeto do motor e a faixa de operação que ele se encontra.

O Diesel tem em sua composição o elemento químico enxofre, o enxofre oxidado ou queimado produzindo dióxido ou trióxido de enxofre.

Quanto maior for a temperatura dos gases de combustão maior será a formação de óxidos de nitrogênio, segundo HEYWOOD (1998).

A chuva ácida é um fenômeno com grande impacto ambiental, tendo seus principais agentes o dióxido de enxofre e dos óxidos de nitrogênio, segundo Atkins (2002).

Quando ocorre a queima em uma mistura rica, há a formação do monóxido de carbono devido à falta de oxigênio suficiente para tornar essa equação de combustão estequiométrica.

A emissão de hidrocarbonetos vem de várias fontes. No processo de compressão uma parte da mistura ar-combustível se deposita nas folgas dos anéis e como o espaço é pequeno não sofre combustão sendo que no processo de expansão esses hidrocarbonetos que são liberados.

Outra fonte, é óleo lubrificante que é usado para lubrificar a parede dos cilindros e a do pistão que absorvem parte dos hidrocarbonetos e liberam na exaustão, segundo HEYWOOD (1998).

A figura 2.3 a seguir mostra a relação das emissões de poluentes em relação a potência do motor utilizando a tecnologia *Caterpillar Common Rail* e como eles atendem a legislação vigente com alta performance.

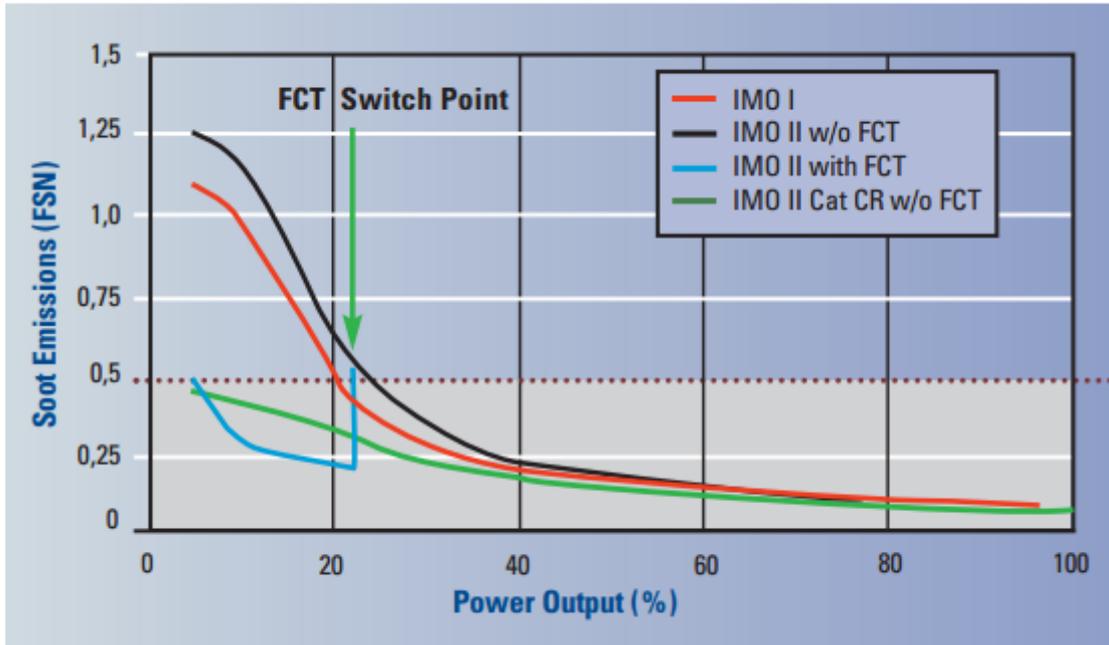


Figura 2.3 - Gráfico emissões de poluentes *Caterpillar Common Rail*
 Fonte: (https://marine.cat.com/cda/files/953425/7/Cat_Common_Rail_072008.pdf).

2.4.1 Emissões de NO_x

Os NO_x são tóxicos e impactam o meio ambiente de forma negativa. Cerca de 25 a 30% das chuvas ácidas são por causa dos No_x, segundo Bowman(1992). A formação de NO se torna significativa a partir de 1800 Kelvins e duplicando a cada 40 Kelvins, segundo (Serofim e Flagan, 1976).

São responsáveis também pelo efeito *Smog*, que é a formação de um nevoeiro devido a reações secundárias desses poluentes com a luz, são prejudiciais a saúde e a exposição prolongada causa a morte.

As emissões dos poluentes seguem aos padrões internacionais ditados pela MARPOL73/78 anexo VI, a emissão de NO_x são listados de acordo com a velocidade e o ano de instalação dos motores. São divididas em três categorias I, II e III.

Categoria I, são os navios construídos entre 2000 e 2011, podendo emitir NO_x entre 9 a 17 gramas por quilowatt-hora em velocidade máxima .

Categoria II, são os navios construídos depois de 2011 podendo emitir NO_x entre 7 a 14,4 gramas por quilowatt-hora em velocidade máxima.

Categoria III, são os navios construídos depois de 2016, nas zonas de controle de emissões de NO_x (NECAs) , com emissões de 2 a 3,4 gramas por quilowatt-hora em velocidade máxima.

2.4.2 Emissões de CO

O monóxido de carbono é devido parte do combustível não ter sido queimado completamente, e uma mistura rica aumenta consideravelmente essas emissões. E parte desse poluente fica retido na parede dos cilindros dentro do filme de óleo lubrificante e sendo expelido para fora do cilindro na fase de exaustão do ciclo.

O sistema *Common Rail* reduziu significativamente estas emissões de poluentes. “Os modernos motores diesel nunca foram tão limpos e isso torna a tecnologia promissora para o futuro”, palavras do Dr. Ulrich Dohle³, ex-presidente da divisão do Sistema *Diesel Bosch*.

O cuidado com essas emissões, é por que o monóxido forma com a hemoglobina um composto mais estável que o oxigênio, podendo matar por asfixia, segundo o Programa Internacional de Segurança Química.

2.4.3 Emissões de CO₂

É produto da reação de combustão completa do combustível, ou simplesmente da oxidação do monóxido de carbono.

O dióxido de carbono absorve parte da radiação infravermelha refletida pela superfície da Terra, impede que a radiação escape pelo espaço aquecendo a superfície da Terra e sendo um dos principais causadores do efeito estufa, segundo a Associação O Eco.

³ Presidente do Conselho Executivo da *Rolls-Royce Power Systems AG* e responsável pela divisão de Tecnologia. Foi ex-presidente da *Robert Bosch GmbH*. Ele também é presidente da subsidiária *Rolls-Royce Power Systems MTU Friedrichshafen GmbH*.

2.4.4 Emissões de Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos nos gases de descarga são devido a queima incompleta do combustível. É um dos causadores do efeito *Smog* que tem consequências a saúde.

Quanto mais pobre a mistura ar-combustível maior a emissão desse poluente.

A figura 2.4 a seguir mostra o comportamento do jato de combustível quando entra na câmara de combustão e a região hachurada representa um valor de relação mássica de combustível –ar menor que 0.3.

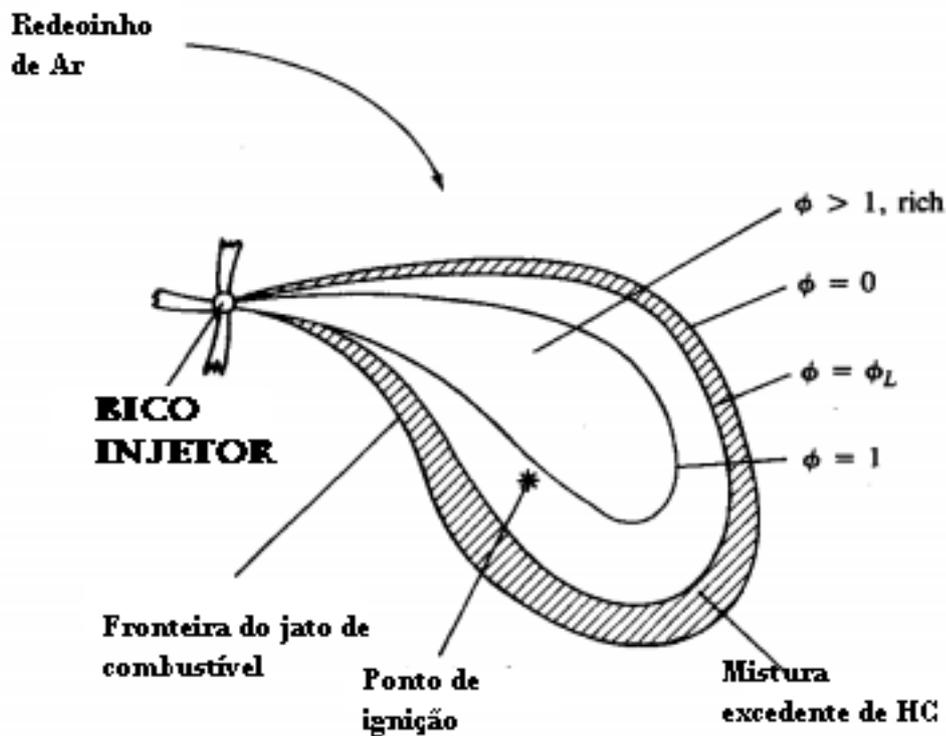


Figura 2.4 - Câmara de combustão
Fonte: Editada Heywood (1998).

3 O SISTEMA COMMON RAIL

Nesta seção serão apresentados os principais elementos desse sistema. Alguns sensores e atuadores que compõem o sistema *Common Rail*. Esse sistema possui sensores com redundância para evitar a parada do motor em caso de falhas.

3.1 O Common Rail

É a injeção em alta pressão de combustível em motores Diesel.

Existe uma bomba de alta pressão que fornece uma alta pressão ao combustível independente da rotação do motor. Um controle eletrônico da válvula solenoide do bico injetor permite mensurar o tempo e a quantidade da injeção. O nome Common Rail vem pelo fato do combustível está sendo pressurizado em uma rede comum para todos os injetores.

O controle da pré-injeção e da injeção principal suaviza a combustão diminuindo a vibração e aumentando a vida útil do motor. Todas as ações tomadas são processadas por um módulo de controle eletrônico para tomar a melhor decisão após analisar os parâmetros colhidos pelos sensores.

A figura 3.1 a seguir mostra o sistema Common Rail, seus principais sensores e atuadores ligados ao módulo de controle eletrônico, o separador de água, os filtros de combustíveis e de óleo lubrificante.

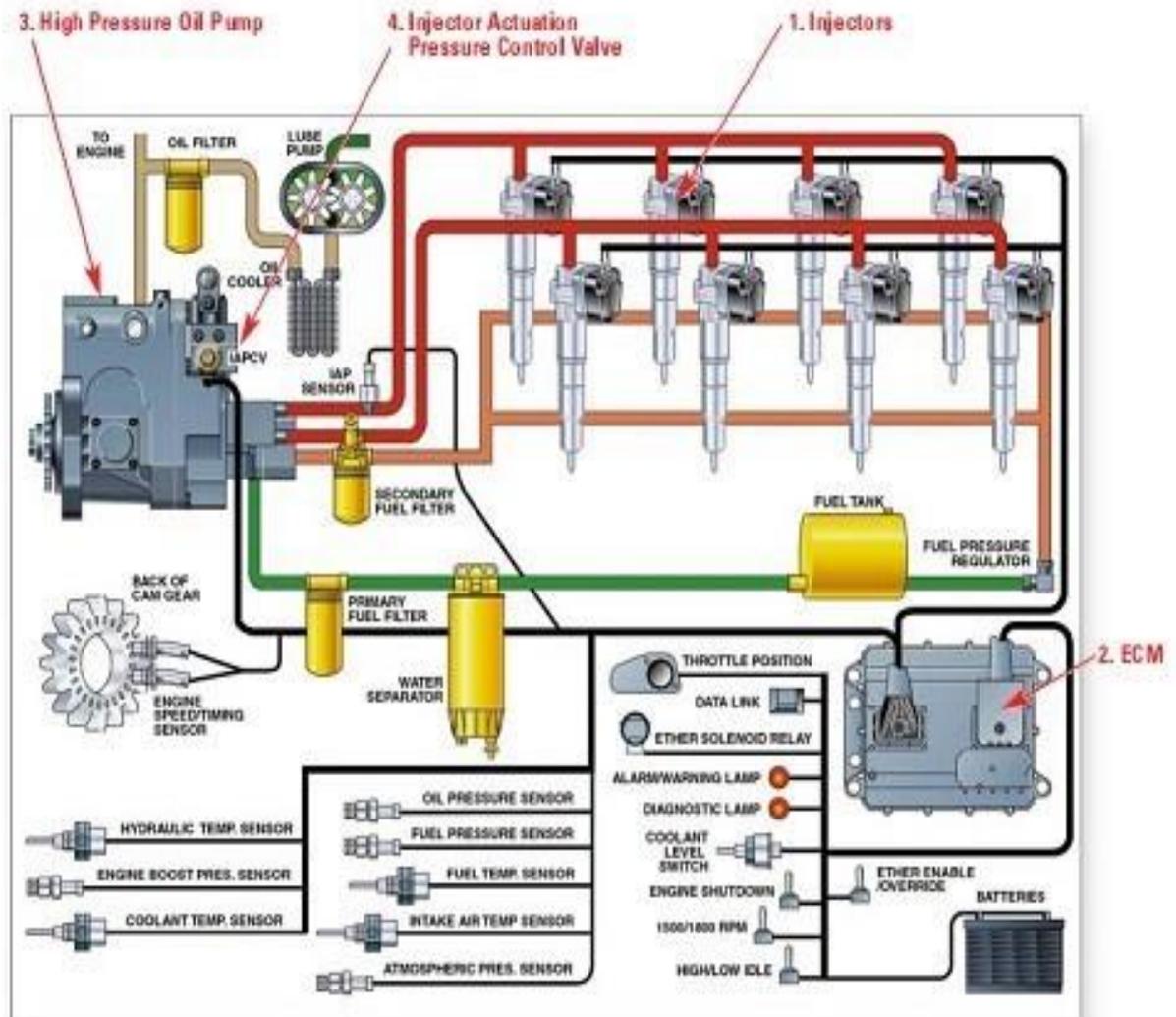


Figura 3.1 Sistema de injeção *common rail*
 Fonte: (<http://starsdiesel.com/upimagens/201081763743964.jpg>).

3.2 Injeção eletrônica do combustível

O uso da injeção eletrônica se tornou indispensável para ter o maior controle nas emissões de poluentes e maior economia e vida útil ao motor.

A figura 3.2 mostra uma análise comparativa de um motor convencional e outro usando a tecnologia *Common Rail* da MAN em uma rotação de 750rpm.

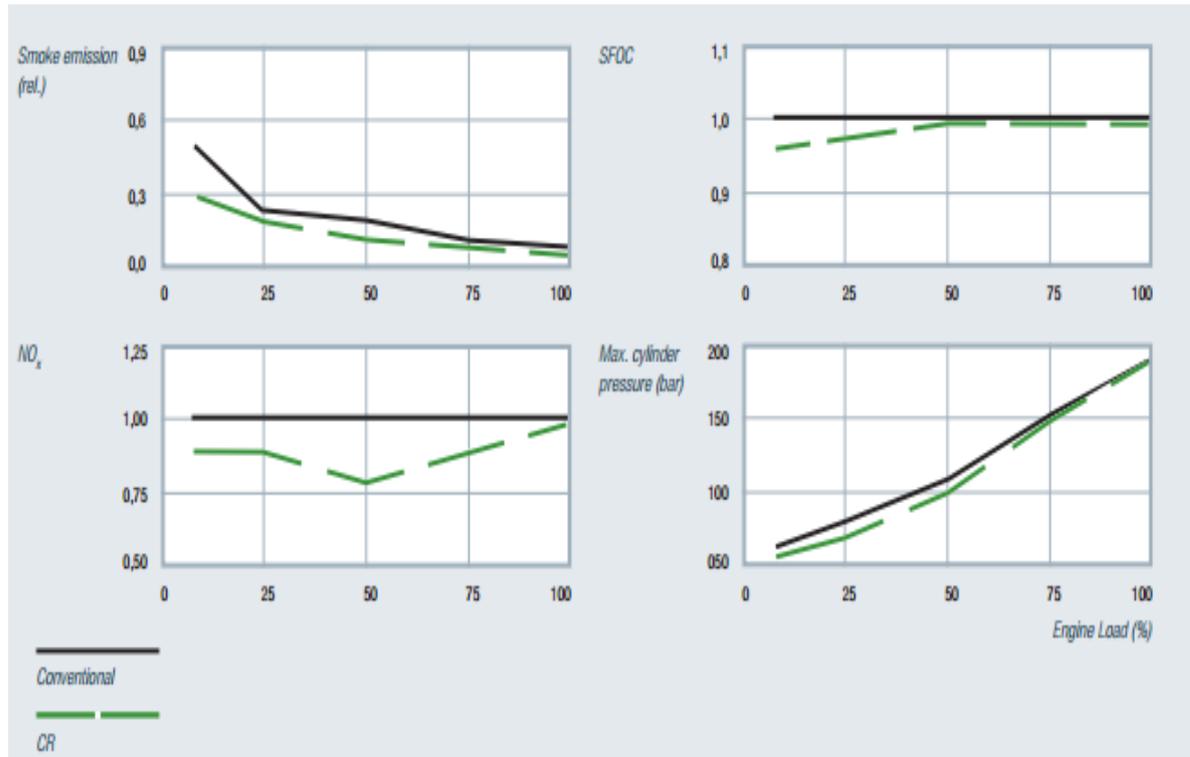


Figura 3.2 - Poluentes *common rail* da MAN Diesel

Fonte: (<http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/marine-broschures/commonrail-brochure.pdf?sfvrsn=0>).

3.2.1 Sensor de temperatura e pressão no ar de admissão

O sensor de pressão MAP, do inglês *Manifold Absolute Pressure*, e o de temperatura são importantes para determinar a densidade de ar admitida pelo motor, pelo método de medição de vazão de ar indireta chamado “*Speed-Density*” que trabalha em conjunto com o sensor de rotação.

Pelo sensor de pressão é possível identificar problemas no sistema de admissão do ar, dependendo se há baixa pressão do coletor, é um indicativo que possa haver uma obstrução no caminho do ar, por exemplo, um filtro sujo.

O sensor de temperatura é um termistor NTC, *Negative Temperatura Coefficient*, quanto maior a temperatura que ele coleta do ar de admissão, menor será a temperatura que ele apresentara.

Os sensores MAP de pressão e de temperatura do ar de admissão estão comumente sendo usados em um só equipamento, como por exemplo os produzidos pela Bosch.

A Figura 3.3 a seguir mostra um sensor combinado de pressão e temperatura.



Figura 3.3 - Sensor integrado MAP com de temperatura
Fonte: (<http://www.bosch.com/>).

O sensor MAP pode ser do tipo resistivo.

O resistivo é pelo princípio da variação de uma resistência que depois é comparada em uma ponte de Wheatstone. A resistência é em forma de membrana, e um dos lados dessa membrana tem uma pressão de referência e no outro lado a pressão no coletor. Tem faixa limite de operação, instáveis em altas temperaturas e trabalha com range pequeno pelo baixo sinal de excitação.

3.2.2 Sensores temperatura filtro combustível

O sensor de temperatura fica no filtro e é do tipo resistivo NTC. Ele é necessário pois se o combustível estiver com baixa temperatura pode formar parafina e entupir os tubos e se estiver alta pode gerar formação de gases e perda de bombeamento.

O filtro de combustível é de papel, tendo a parte inferior um coletor de água que é drenada manualmente, dependendo do projeto pode ter sensores que indicam o momento da drenagem para o operador.

A figura 3.4 mostra o filtro modelado no programa Blender 3D.



**Figura 3.4 - Filtro com sensor de temperatura tipo NTC.
Fonte: Autoria própria.**

3.2.3 Sensores de pressão no Common Rail

O sensor de pressão na rede comum mede a pressão e envia o sinal de pressão convertido em elétrico para unidade de processamento para regular a pressão na rede, pelo acionamento de uma bomba de alta pressão que bombeia o combustível. É um sensor Piezoelétrico que consegue responder a sensíveis variações de pressão.

É composto por um cristal que produz uma pressão proporcional a uma das faces. Acumulam cargas na própria estrutura cristalina quando sofre alguma deformação.

A figura 3.5 a seguir modelada no Blender 3D mostra aonde é instalado o sensor de pressão na rede comum de alta pressão de combustível.

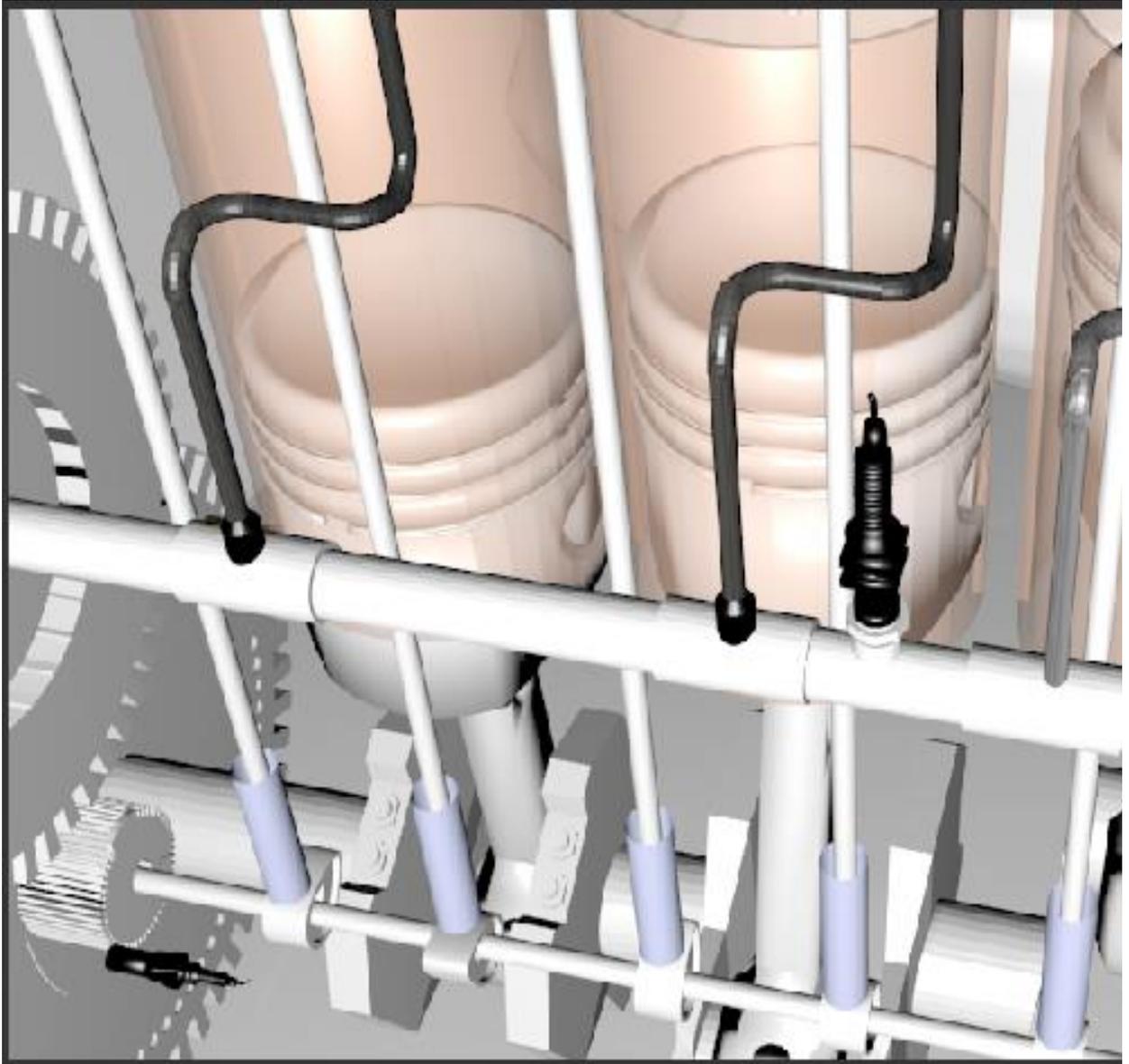


Figura 3.5- Sensor de pressão na rede.
Fonte: Autoria própria.

3.2.4 Eletroválvula do bico injetor

Essa válvula pode ser solenoide ou piezo elétrico. Cada bico injetor vem com um código de série para que possa ser calibrado individualmente para que seja ajustada quantidade de combustível, tempo de abertura do injetor e ordem de queima.

No tipo solenoide uma certa voltagem é enviada para a solenoide no injetor para

que possa ser aberta e fechada a válvula pela produção de um campo magnético no interior da solenoide que puxa o material metálico da válvula para o centro.

No tipo piezo a corrente passa pelo cristal expandindo-o e por sua vez abrindo o bico injetor. Tem um tempo de resposta melhor que o de solenoide, porém ainda é bem mais caro que os tradicionais.

A Figura 3.6 mostra o interior do bico injetor tipo solenoide.

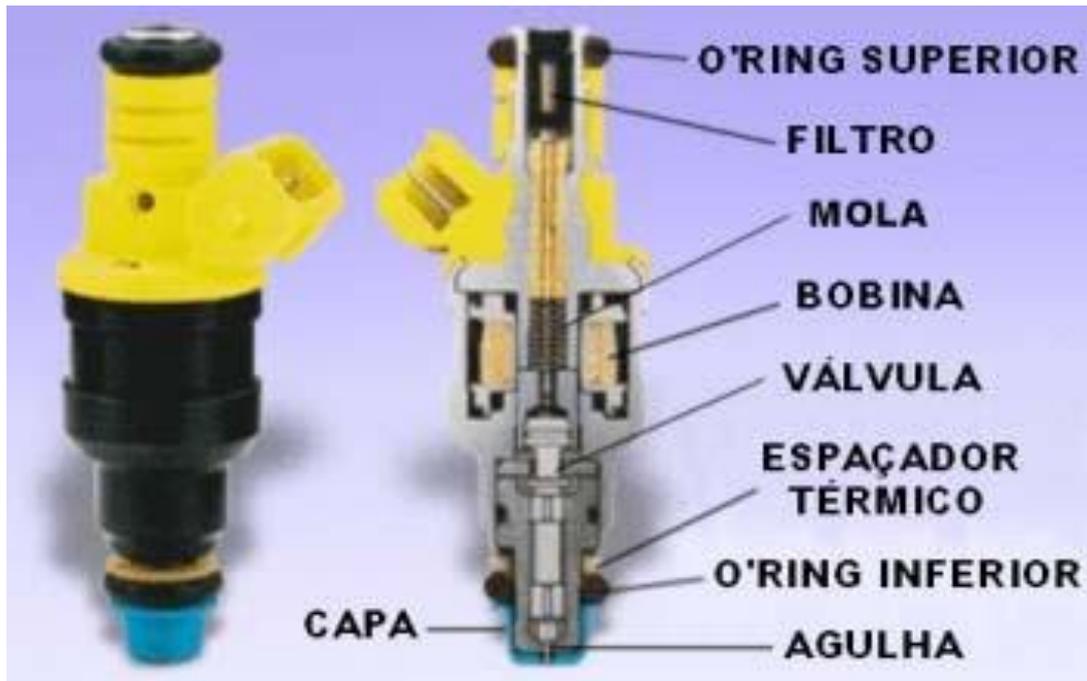


Figura 3.6 - Corte transversal do bico injetor solenoide
 Fonte: (<http://www.alfatest.com.br/noticias/imagens/limpeza.jpg>).

3.2.5 Sensores de rotação volante e posição do eixo de manivelas

O sensor pode ser indutivo ligada aos dentes da engrenagem do volante ou furos no volante. O sensor é formado por um ímã permanente, e o material do volante é de aço carbono com propriedades magnéticas, quando o sensor passar por esses furos ou dentes o fluxo magnético é máximo. Para poder saber a rotação do motor no volante retira-se dois dentes ou dois furos consecutivos e nessa hora o sensor enviara dois pulsos com a mesma propriedade que assim poderá ser interpretada pelo módulo de controle eletrônico. Essa variação de fluxo magnético gera uma força eletromotriz induzida que pode ter voltagem baixa para baixas rotações e altas para

altas rotações.

A figura 3.7 a seguir mostra o sensor de rotação indutivo Bosch.



Figura 3.7 - Sensor indutivo de rotação Bosch
Fonte: (<http://www.bosch.com/>)

O sensor de posição utiliza o efeito Hall assim como alguns sensores de rotação. Esses sensores tem o princípio de enviar sinais negativos que geram uma tensão, e existe um rotor metálico que bloqueia a emissão desse. Os sinais emitidos são discretos.

A figura 3.8 a seguir mostra como o sinal é colhido por um sensor indutivo de rotação e pelo efeito Hall.

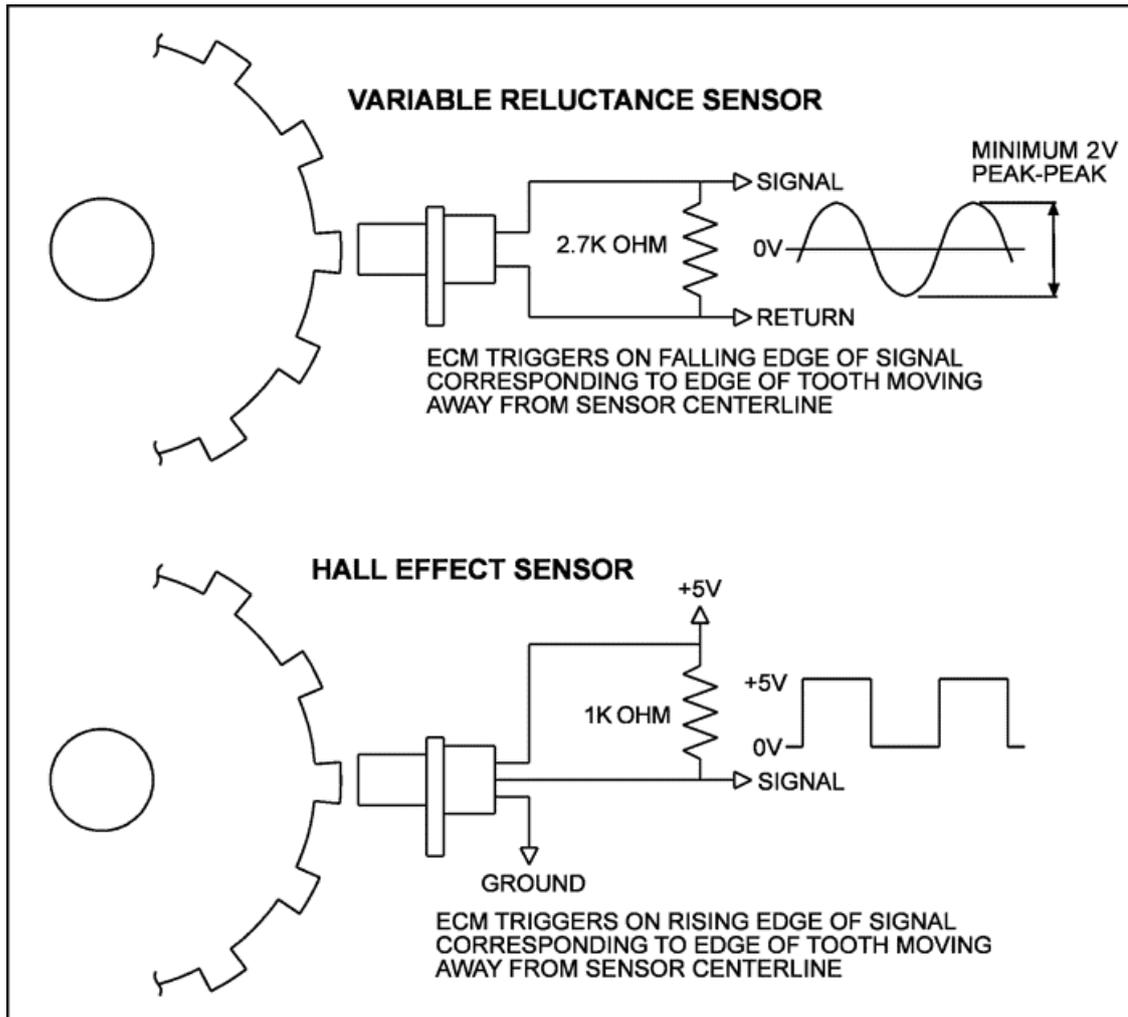


Figura 3.8 - Sensor Indutivo e Sensor Hall

Fonte: (http://www.daytona-twintec.com/sensor_data/CKP_Sensor_Waveforms.gif).

3.2.6 Sonda Lambda

Apesar das séries de sensores acima descrito, há a sonda lambda que traz mais controle das emissões de poluentes. A leitura que a sonda faz é de saber se há presença de oxigênio podendo mensurar a quantidade de oxigênio no escapamento, se a quantidade é baixa a mistura está rica e se a quantidade está alta a mistura ta pobre. Com os dados sobre a mistura o sinal é enviado para central para corrigir a relação do ar para uma mistura estequiometricamente melhor.

A sonda geralmente é composta por dióxido de Zircônio recoberto com uma fica camada de platina que reage com o ar quando o mesmo está acima de 300 graus Celsius, produzindo uma tensão que chega aos 1 Volt. Há sondas com aquecedores

internos pois quando a temperatura do motor estiver abaixo de um limite o módulo de controle ignore o sinal da sonda, utiliza o sensor de temperatura do motor para tomar essa decisão.

A sonda lambda também deixa de ser lida pelo módulo quando há aceleração e desaceleração pois há um enriquecimento e um empobrecimento proposital da mistura.

Figura 3.9 representa a sonda lambda Bosch.



Figura 3.9 - Sonda lambda Bosch
Fonte: (<http://www.bosch.com/>).

4 CONCLUSÃO

A vantagem do sistema *common rail* são os ajustáveis parâmetros de injeção, assim tendo o controle do tempo e a quantidade perfeita do débito de combustível para uma queima estequiométrica. Graças ao controle eletrônico da injeção, se pode atender a legislação vigente a respeito do controle de poluentes oriundas de navios, e traz para o armador uma economia de combustível pelo fato do melhor aproveitamento da queima. As empresas que fabricam motores marítimos vem se desenvolvendo nessa tecnologia pelos resultados satisfatórios e alta confiabilidade que esse sistema fornece.

O sistema *common rail* se mostrou eficaz, atendendo as exigências da MARPOL73/78 anexo VI e até as exigências que entrarão em vigor em 2016, por exemplo a Categoria III de emissão de NO_x.

A redundância dos sensores e do módulo de controle eletrônico faz o motor continuar a operar caso um deles deem problema, podendo o navio continuar a operação que estiver fazendo, e só trocar os sensores quando chegar o porto. Os controles de pré-injeção e pós-injeção diminuem as vibrações do motor, logo aumentando a vida útil e diminuindo as manutenções na máquina trazendo maior conforto ao operador.

A automação se tornou indispensável pelas informações de desempenho que sensores dão, por sua confiabilidade, pela rápida identificação de avarias, e por sua rápida mudança de estratégia de operação do motor.

REFERÊNCIAS

Bico Injetor. Disponível em:

<<http://www.alfatest.com.br/noticias/imagens/limpeza.jpg>> Acesso em: 4 ago. 2014

Ciclo Diesel. Disponível em:

<http://www.tpub.com/eqopbas/12535_files/image020.jpg> Acesso em: 4 ago. 2014

Common Rail. Disponível em:

<<http://starsdiesel.com/upimages/201081763743964.jpg>> Acesso em: 4 ago. 2014

Emissões motores MAN CR. Disponível em:

<<http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/marine-broschures/commonrail-brochure.pdf?sfvrsn=0>> Acesso em: 4 ago. 2014

Gráfico de emissões de poluentes. Disponível em:

<https://marine.cat.com/cda/files/953425/7/Cat_Common_Rail_072008.pdf> Acesso em: 4 ago. 2014

Sensor Indutivo e Hall. Disponível em: <http://www.daytona-twintec.com/sensor_data/CKP_Sensor_Waveforms.gif>

Acesso em: 4 ago. 2014

Sensor MAP. Disponível em: <<http://www.bosch.com>> Acesso em: 4 ago. 2014

Sensor Rotação Bosch. Disponível em: <<http://www.bosch.com>> Acesso em: 4 ago. 2014

Sonda lambda Bosch. Disponível em: <<http://www.bosch.com>> Acesso em: 4 ago. 2014

Heywood, 1988 J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals, MC-Graw Hill, Estados Unidos da América.

MARPOL ANEXO VI. Disponível em:

<https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/MARPOL_Anexo6-12FEV.pdf> Acesso em: 4 ago. 2014

Substâncias Químicas Perigosas a Saude e ao Ambiente. Disponível em: <http://www.unesp.br/pgr/manuais/subs_quimicas.pdf> Acesso em: 4 ago. 2014