

3. Descrição dos Equipamentos

3.1. Bancada Experimental do Motor Original

Para realizar os testes iniciais foi utilizado um motor YANMAR-NSB50 sem modificação, acoplado a uma bancada dinamométrica. A Figura 3.1 ilustra a bancada experimental utilizada para realizar os testes com motor original.

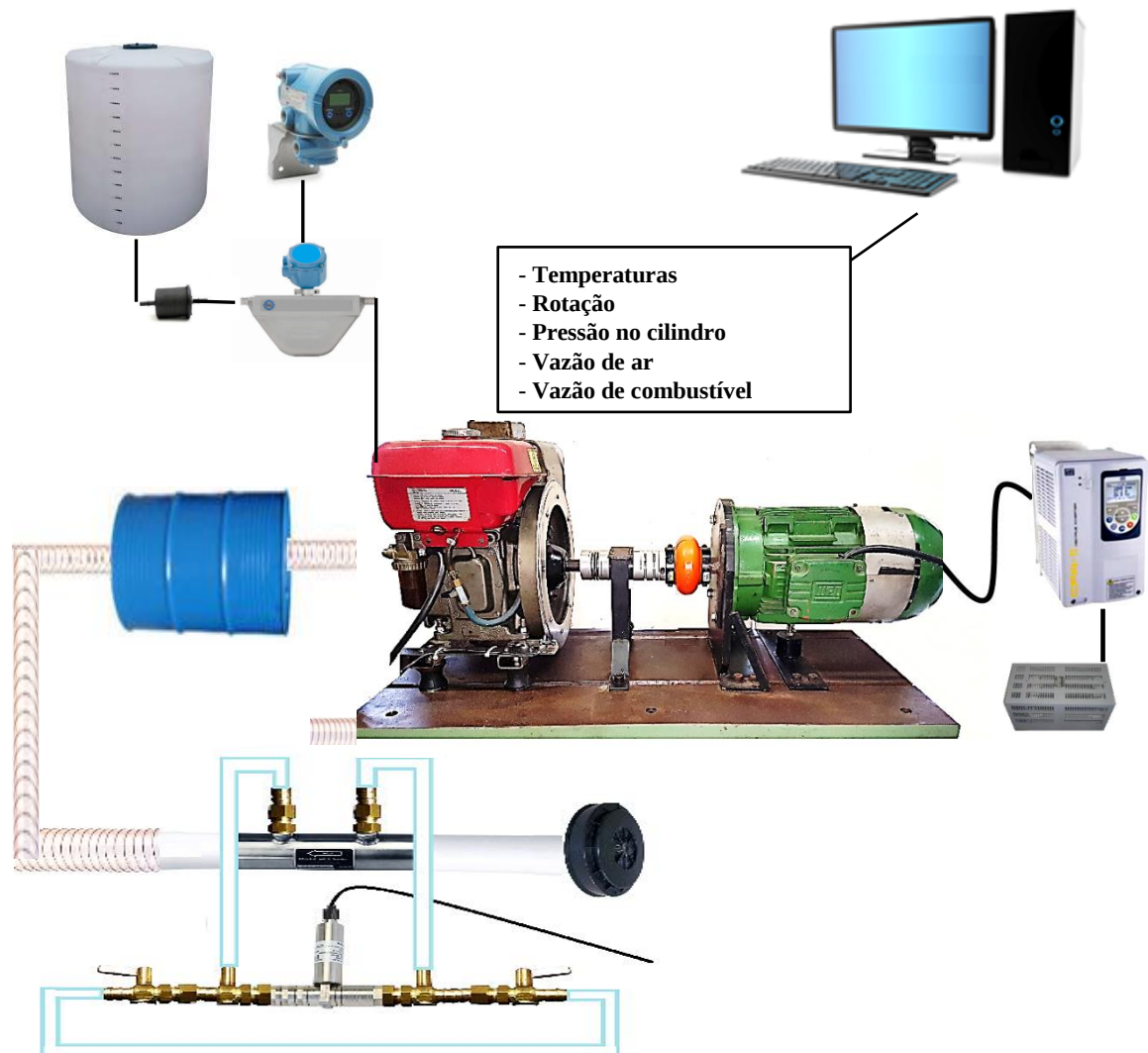


Figura 3.1: Bancada experimental do motor original

O motor original foi instrumentado para medir a vazão de ar, a vazão de combustível, a pressão no interior da câmara de combustão, a temperatura do ar de admissão e a temperatura dos gases de exaustão. A aquisição e o processamento de dados foram integrados pelo software LABVIEW.

3.2. Bancada Experimental do Motor Modificado

Nos testes com dupla injeção de combustível foi utilizado um motor YANMAR-NSB50 com cabeçote adaptado para permitir a injeção de diesel e de etanol diretamente na câmara de combustão. A Figura 3.2 ilustra a bancada experimental do motor modificado.

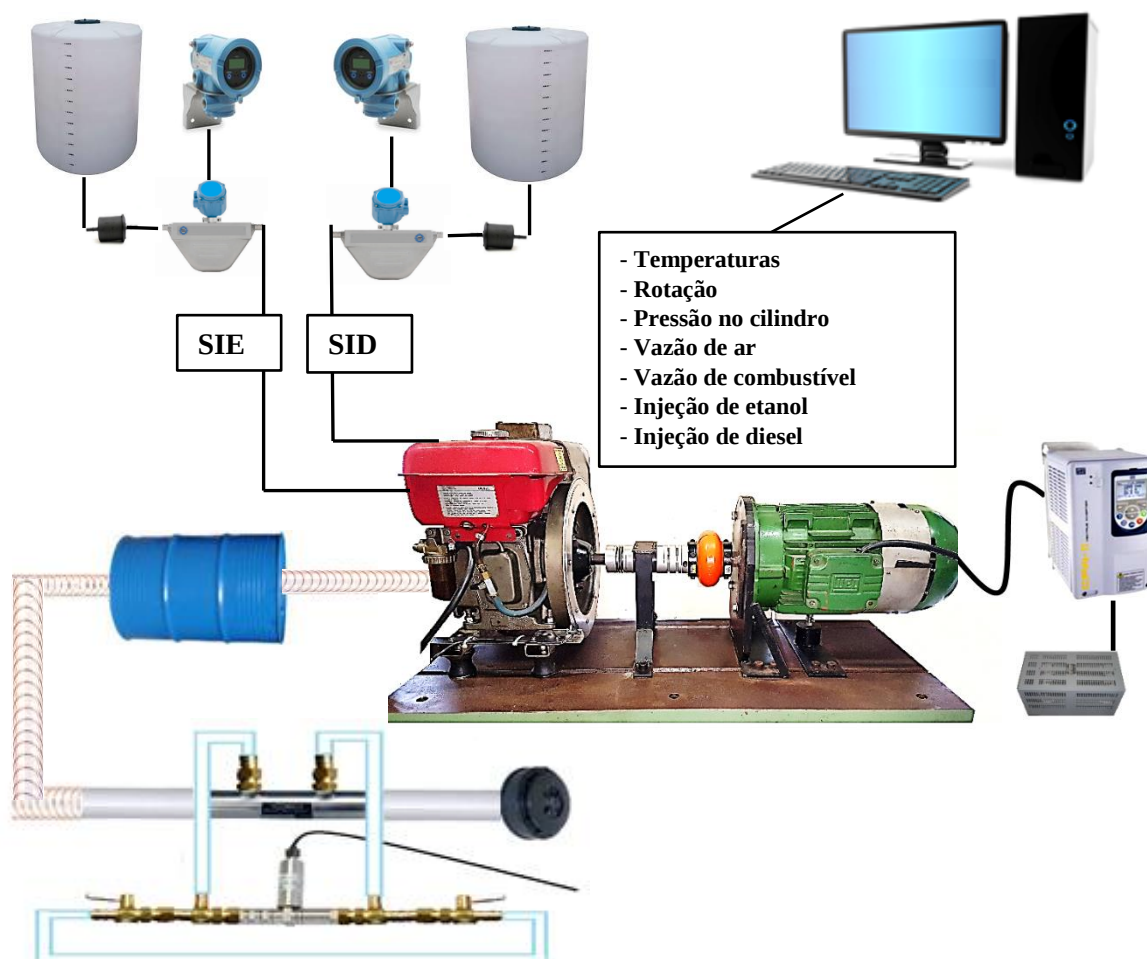


Figura 3.2: Bancada experimental do motor modificado

Além do cabeçote adaptado, dois novos sistemas individuais de injeção de combustível foram acoplados à bancada experimental: um destinado a controlar a injeção de etanol e o outro a injeção de óleo diesel.

Os sistemas de injeção de combustível estão especificados nos itens 3.9 e 3.11. As informações técnicas dos equipamentos que compõe a bancada experimental estão especificadas nos itens seguintes.

3.3. Motor Diesel

No experimento foi utilizado um motor de ciclo Diesel estacionário monocilíndrico da marca YANMAR, modelo NSB50, conforme mostra a Figura 3.3. Os dados técnicos do motor estão descritos na Tabela 3.1.



Figura 3.3: Motor YANMAR NSB50.

Fonte: https://www.yanmar.com/br/engine/diesel/h_watercooled/nsb/

Tabela 3.1: Dados Técnicos do Motor YANMAR NSB50

Ficha Técnica do Motor	
Descrição	Característica
Fabricante	YANMAR
Modelo	NSB50
Ciclo de Funcionamento	4 tempos
Número de cilindros	1
Cilindrada Total	331 cm ³
Diâmetro x Curso	75 mm x 75 mm
Sistema de Injeção	Modificado
Taxa de Compressão	23,1: 1
Potência Máxima	4,0 kW (2400 RPM)
Sistema de Partida	Manual
Sistema de Refrigeração	Tanque de Água
Consumo de combustível	267 g/kW.h
Peso do Motor	77 kg

(Fonte: YANMAR)

3.4. Conjunto Roda Fônica – Sensor de Posição

Para auxiliar no controle dos processos de início e de término de injeção de combustível, bem como, em que posição estas ações devem ocorrer, foi instalado no motor um conjunto roda fônica-sensor de posição que pode ser observado na Figura 3.4.

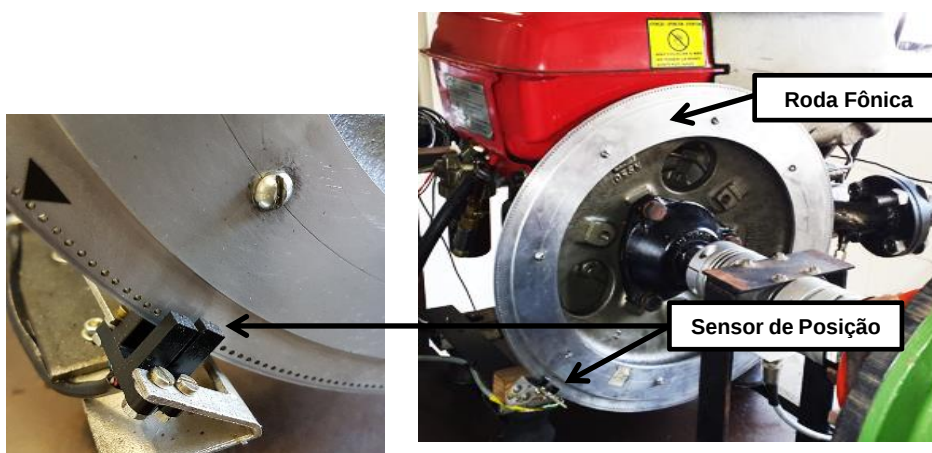


Figura 3.4: Conjunto roda fônica-sensor de posição.

3.4.1. Roda Fônica

Consiste em um disco de alumínio com 360 furos que fica acoplado ao volante do motor, com uma marca para indicar o ponto-morto superior (PMS). Acompanha o movimento do virabrequim e, em parceria com o sensor de posição, registra o ângulo de rotação. Desta forma possibilita estabelecer o momento em que eventos, como início e término de injeção, ocorrem em relação ao ângulo do virabrequim.

3.4.2. Sensor de Posição

Para indicar a posição do pistão em relação ao ângulo do virabrequim foi utilizado o sensor ótico *Photologic* série OPB916, mostrado na Figura 3.5, que é composto por diodos emissores de luz infravermelha (LED) e circuito de captura.

O sistema funciona da seguinte forma: o sensor de ótico emite um feixe de luz infravermelha que passa através dos furos existentes ao longo de circunferência da roda fônica. Esta ação gera pulsos luminosos que, convertidos em sinais elétricos, indicam a posição angular.

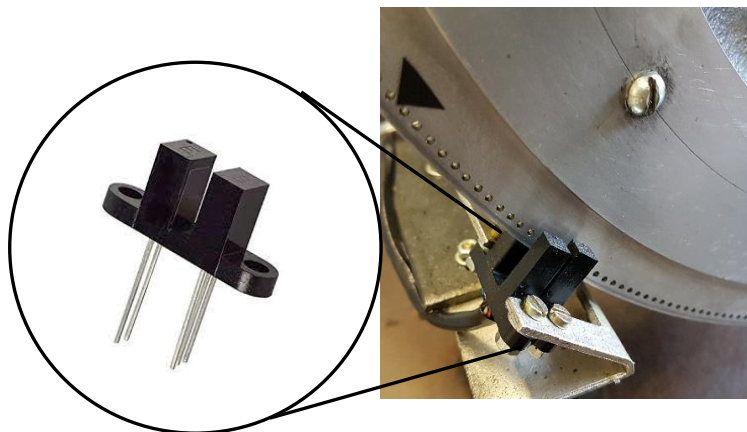


Figura 3.5: Sensor de Posição.

3.5. Bancada Dinamométrica

Para simular as cargas de teste o eixo de rotação do motor YANMAR NSB50 foi acoplado a uma bancada dinamométrica composta por: um dinamômetro, um sensor de torque, um inversor de frequência, um dissipador de potência. O dinamômetro, mostrado na Figura 3.6, tem capacidade de avaliar motores com rotação máxima de 3600 RPM e potência máxima de 7,5 kW (10 HP). A bancada dinamométrica foi reaproveitada do aparato experimental, utilizado por Ccaya, F. (2010) na dissertação de mestrado.



Figura 3.6: Dinamômetro elétrico

3.5.1. Sensor de Torque

A medição do torque foi efetuada por meio de um transdutor de torque, mostrado na Figura 3.8, marca HBM, modelo T22 com capacidade de medição de até 50 N·m.



Figura 3.8: Sensor de torque

3.5.2. Inversor de Frequência

O inversor de frequência da marca WEG, modelo CFW-11, mostrado na Figura 3.9, tem por finalidade controlar a rotação e a frenagem do motor elétrico. Além disso, é encarregado de distribuir a carga para o motor elétrico ou para o dissipador de potência.



Figura 3.9: Inversor de Frequência

As características do inversor de frequência estão descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Dados Técnicos do Inversor de Frequência

Ficha Técnica do Inversor de Frequência	
Descrição	Característica
Tensão Monofásica	200-240 V
Tensão Trifásica	200-240 V / 380-480 V
Frequência	50/60 Hz $\pm$ 2%
Fator de deslocamento	Maior que 0,98
Eficiência	Maior que 0,97

Fonte: WEG

3.5.3. Dissipador de Potência

Composto por uma resistência elétrica de 7,5 kW, o dissipador de potência, mostrado na Figura 3.10, tem a finalidade de dissipar o excesso de energia no freio do motor.



Figura 3.10: Dissipador de potência

3.5.4 Motor Elétrico do Dinamômetro

Parte integrante da bancada dinamométrica, o motor elétrico do dinamômetro, cujas características técnicas estão especificadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Dados Técnicos do Motor Elétrico do Dinamômetro

Ficha Técnica do Motor Elétrico	
Descrição	Característica
Potência	7,5 kW (10 CV)
Tensão	220/380/440 V
Frequência Rotação	60 Hz 3600 RPM

Fonte: WEG

3.6 Sensor de Pressão

A Figura 3.11 mostra o sensor de pressão do tipo piezelétrico da marca KISTLER, modelo 6052C instalado para medir a pressão no interior da câmara de combustão do motor. As características técnicas do sensor de pressão estão descritas na Tabela 3.4.



Figura 3.11: Sensor de pressão.

Tabela 3.4: Dados Técnicos do Medidor de Pressão KISTLER 6052C

Ficha Técnica do Medidor de Pressão	
Descrição	Característica
Intervalo de medição	0 a 250 bar
Pressão Máxima	300 bares
Temperatura de funcionamento	- 20 a 350 °C
Temperatura min./máx.	- 50 a 400 °C
Torque de aperto	1,5 N.m
Conector	M4 x 0,35

3.7

Sensor de Vazão de Combustível

Para registrar a vazão mássica de combustível foi utilizado o medidor de vazão Corioli CFM010 Micromotion, mostrado na Figura 3.12.

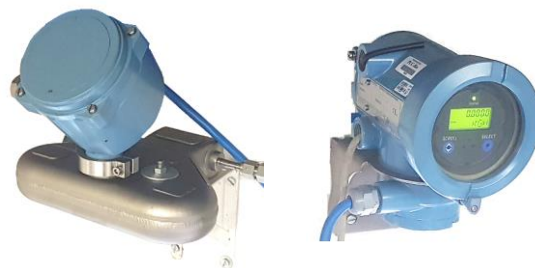


Figura 3.12: Corioli CFM010

As características técnicas do medidor de vazão tipo Corioli estão apresentadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Dados Técnicos do Corioli

Corioli CFM010 Micromotion	
Descrição	Característica
Transmissor	2700
Limite de operação	108 kg/h
Frequência	50/60 Hz $\pm$ 2%
Precisão ($\pm\%$)	0,1

3.8

Sensor de Vazão de Ar

A da vazão de ar é determinada por um sensor de fluxo laminar, acoplado a um transdutor de pressão, conforme Figura 3.13.

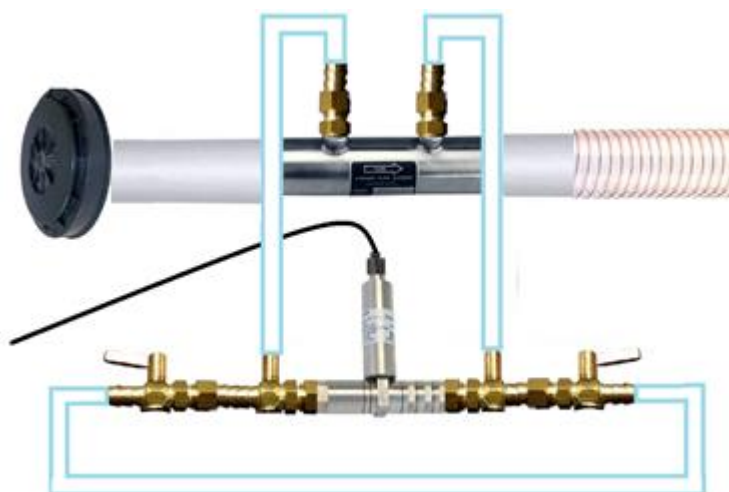


Figura 3.13: Sensor de fluxo de ar

As Tabelas 3.6 e 3.7 apresentam, respectivamente, as características técnicas do sensor de vazão de ar e do transdutor de pressão.

Tabela 3.6: Dados Técnicos do Medidor de Fluxo

Medidor de Fluxo Z50MH 10-1	
Descrição	Característica
Marca	Meriam Instrument
Máxima Pressão Diferencial	8 inH ₂ O
Máxima Vazão	212x10 ⁵ cm ³ /min
Composição	Matriz de Dutos Capilares

Tabela 3.7: Dados Técnicos do Transdutor de Pressão

Transdutor de Pressão FDW/E004-02	
Descrição	Característica
Marca	Sensotec
Máxima Pressão	10 in H ₂ O
Entrada	9 - 32 VDC
Saída	4 – 20 mA

3.9

Balança Sartorius PMA7501

Para comparar a quantidade de massa de combustível registrada pelo Corioli CFM010 Micromotion foi utilizada a balança Sartorius PMA7501 mostrada na Figura 3.14. As especificações técnicas deste equipamento estão descritas na Tabela 3.8.



Figura 3.14: Balança Sartorius PMA7501

Tabela 3.8: Dados Técnicos da Balança Sartorius PMA7501

Balança Sartorius PMA7501	
Descrição	Característica
Capacidade	999,95 g / 7500 g
Divisão da escala	0,05 g / 0,1 g
Faixa da Tara	-999,95 g / -7500g
Linearidade	< ± 0.2 g
Temperatura de trabalho	0°C até +40

3.10

Sistema de Injeção de Etanol (SIE)

A adaptação do acoplamento entre a unidade de acionamento e bomba de alta pressão, bem como a seção de lubrificação do SIE foram desenvolvidas no Centro Tecnológico do Exército (CTEx). Parte dos componentes do SIE foi reaproveitado do aparato experimental que estava acoplado à máquina de compressão rápida (MCR), utilizada por Loaiza, J. (2014) na tese de doutorado. A Figura 3.15 representa esquematicamente o sistema de injeção de etanol que é composto pelos seguintes dispositivos: tanque de combustível (1), filtro de combustível (2),

medidor de vazão (3), bomba elétrica (4), regulador de pressão (5), manômetro (6), bomba de alta pressão com unidade de acionamento (7), *common rail* etanol (8), injetor de etanol (9), acumulador de combustível (10), mangueira de alta pressão (11), motor elétrico (12), acoplamento bomba/motor elétrico (13) e inversor de frequência (14).

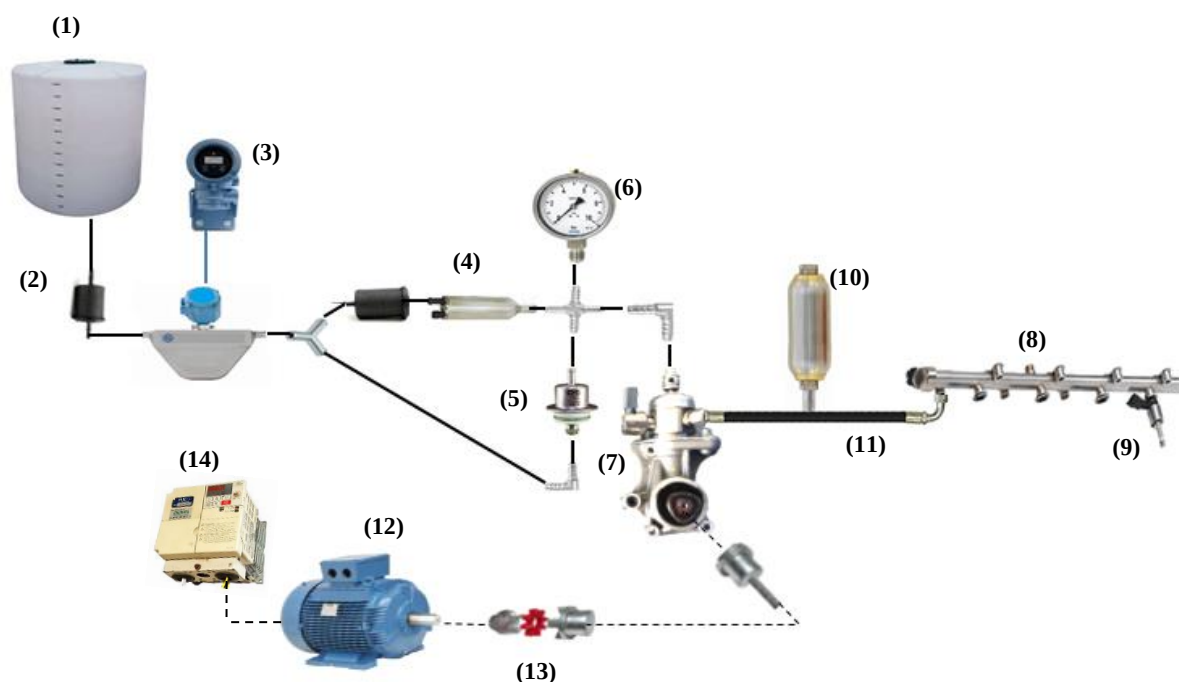


Figura 3.15: Sistema de injeção de etanol

O funcionamento do sistema de injeção de etanol se inicia com o escoamento do combustível a partir de um tanque situado a 2m acima do medidor de vazão. Depois de passar pelo filtro, a bomba de baixa pressão envia o combustível a 4 bar até a entrada da bomba de alta pressão. Pressurizado a 160 bar o etanol passa pela mangueira, preenche o acumulador de combustível, segue para o *common rail* e, finalmente, chega ao injetor. O controle da pressão na entrada na bomba de alta é feito pelo conjunto regulador de pressão/manômetro. A ativação da bomba de alta pressão é feita por um conjunto de equipamentos composto por: unidade de acionamento, acoplamento, inversor de frequência, fonte de alimentação de corrente contínua e motor elétrico.

O programa LABVIEW controla o momento e quantidade de combustível injetado na câmara de combustão. A bomba de alta pressão com unidade de acionamento, o *common rail* etanol e o injetor de etanol foram retirados do motor EP6.

3.10.1 Bomba de Combustível de Baixa Pressão

O combustível deve chegar na entrada da bomba de alta pressão a 4 bar. Para alcançar esta condição foi montado um subsistema composto por: uma bomba de combustível elétrica de pressão nominal de 7 bar e vazão de 2,5 litros por minuto, um manômetro e um regulador de pressão. As ilustradas na Figuras 3.16, 3.17 e 3.18 ilustram, respectivamente, estes dispositivos.



Figura 3.16: Bomba de combustível de baixa pressão



Figura 3.17: Manômetro



Figura 3.18: Regulador de pressão

3.10.2 Bomba de Combustível de Alta Pressão

A bomba de alta pressão utilizada neste trabalho é da marca Bosch e tem capacidade de comprimir o combustível a uma pressão nominal de até 200 bar. Possui um pistão cujo movimento é ativado por um came de três lóbulos que, originalmente, faz parte do eixo de cames do motor EP6 MWM.

A Figura 3.19 mostra a bomba de combustível de alta pressão acoplada a unidade de acionamento.

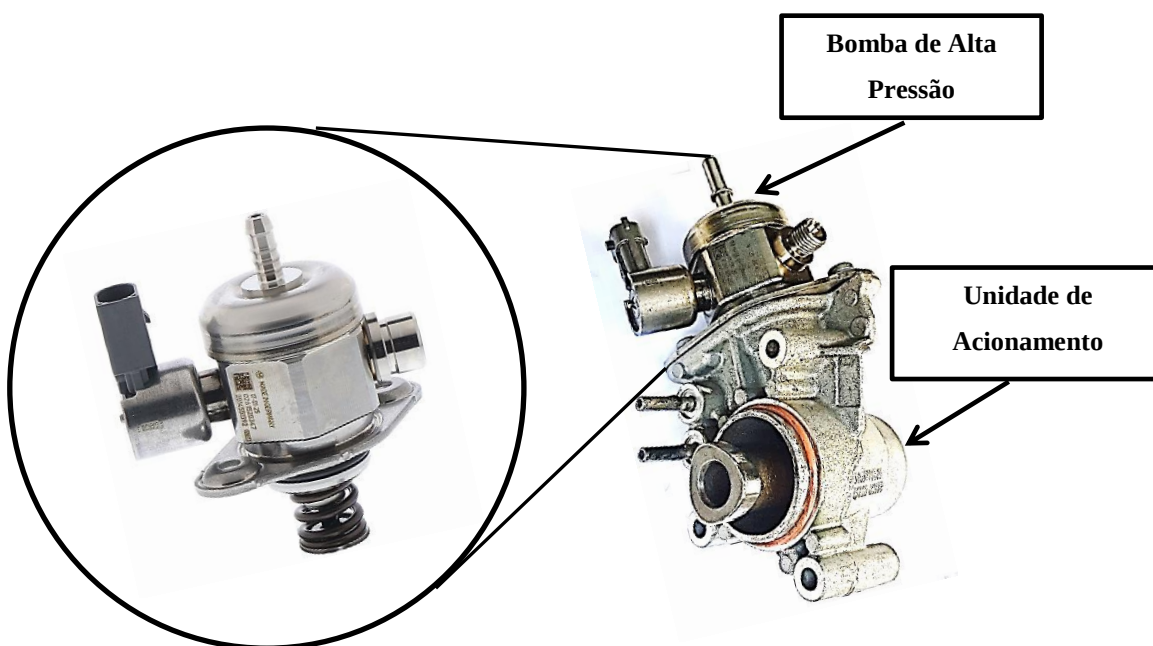


Figura 3.19: Bomba de alta com unidade de acionamento

3.10.3 Mangueira de Combustível de Alta Pressão e Acumulador

O conjunto mangueira de alta pressão-acumulador de combustível tem capacidade de suportar pressões de até 350 bar. A finalidade do conjunto é conduzir o combustível da saída da bomba de alta até o *common rail* sem permitir que a pressão no sistema se altere. A Figura 3.20 mostra o acumulador de pressão conectado à mangueira de combustível de alta pressão.



Figura 3.20: Mangueira de combustível e acumulador de pressão

3.10.4 Common Rail - Etanol

Também chamado de acumulador de pressão, o *common rail* consiste de um tubo forjado com conexões destinadas a captar o combustível pressurizado pela bomba de alta pressão e direcioná-lo ao injetor. A Figura 3.21 ilustra o conjunto *common rail etanol* com sensor de pressão e injetor de etanol utilizado neste trabalho.



Figura 3.21: Common rail-etanol com sensor de pressão e injetor

3.10.5 Injetor de Etanol

Com capacidade de injetar até 200 bar o injetor, fabricado pela Bosch, foi adaptado no cabeçote do motor para injetar combustível diretamente na câmara de combustão. A Figura 3.21 mostra o injetor de etanol e a Tabela 3.9 decreve as características técnicas do mesmo.



Figura 3.22: Injetor de etanol

Tabela 3.9: Dados Técnicos do Injetor de Etanol

Injetor HDEV 5 Bosch	
Descrição	Característica
Peso	68 g
Comprimento	87 mm
Vazão	até 1.640 g / min
Número de furos	7
Ângulo de pulverização	110°

3.10.6 Inversor de Frequência

Para controlar a rotação de um motor elétrico que integra o sistema de injeção de etanol foi utilizado um inversor de frequência modelo CIMR U7AUZ3P7, ilustrado na Figura 3.23.



Figura 3.23: Inversor de frequência

3.10.7

Motor Elétrico do Sistema de Injeção de Etanol

Originalmente o movimento de rotação do motor do automóvel é transmitido a bomba de alta pressão por meio eixo de cames. Neste trabalho este papel é executado por um motor elétrico de 7,5 kW. A Tabela 3.9 mostra os dados técnicos do motor elétrico utilizado no sistema de injeção de etanol.

Tabela 3.10: Dados Técnicos do Motor Elétrico (SIE)

Ficha Técnica do Motor Elétrico	
Descrição	Característica
Potência	7,5 kW (10 CV)
Tensão	220/380/440 V
Frequência Rotação	60 Hz 3600 RPM

Fonte: WEG

3.10.8

Fonte Estabilizada do Sistema de Injeção de Etanol

Para fornecer energia para a bomba de baixa pressão de combustível e para a bomba de óleo lubrificante foi utilizada a fonte estabilizada em 13,8V, modelo FTE-1310 Hobby II, da marca Hayonik, com corrente nominal de saída nominal de 10A, conforme mostra a Figura 3.24.



Figura 3.24: Fonte estabilizada FTE1310 HOBBY

3.11

Sistema Lubrificante da Unidade de Acionamento

Originalmente, a unidade de acionamento (1) da bomba de alta pressão, que aloja o came de 3 lóbulos, é lubrificada pelo sistema de lubrificação do próprio motor. Para manter este dispositivo em condições semelhantes, foi montado um sistema de lubrificação composto por um reservatório de óleo lubrificante (2), mangueira e bomba elétrica (3) pressão nominal de 7 bar e vazão de 2,5 litros por minuto pressão nominal de 7 bar e vazão de 2,5 litros por minuto, conforme ilustra a Figura 3.25.

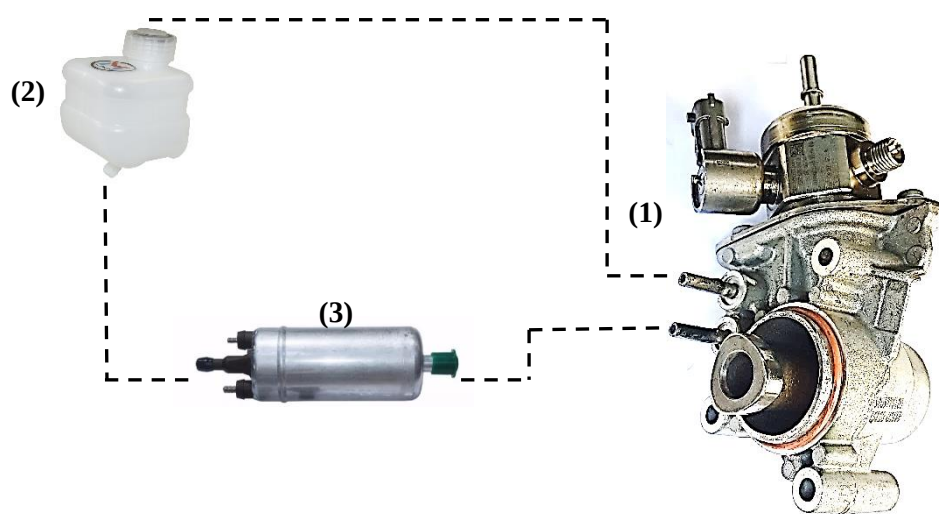


Figura 3.25: Sistema lubrificante da unidade de acionamento

3.12

Sistema de Injeção de Diesel (SID)

Os componentes deste sistema foi reaproveitado do aparato experimental que estava acoplado à máquina de compressão rápida (MCR), utilizada por Zegarra, F. (2016) na tese de doutorado. A Figura 3.26 representa o sistema de injeção de diesel com os equipamentos o compõe: tanque de combustível (1), mangueira de baixa pressão (2), filtro de combustível (3), medidor de vazão (4), bomba de alta pressão (5), motor elétrico (6), *common rail-diesel* (7) e injetor de diesel (8), tubo de alta pressão (9).

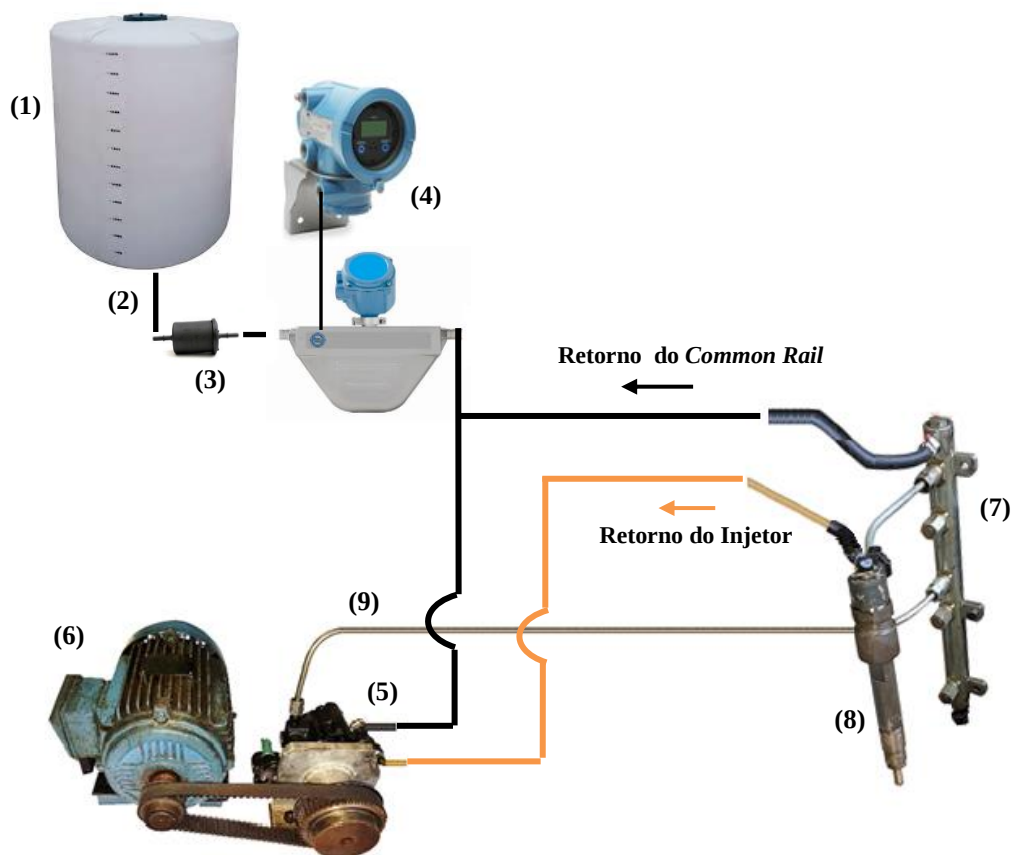


Figura 3.26: Sistema de injeção de diesel

O funcionamento do SID se inicia com o escoamento do combustível a partir de um tanque situado a 2m acima do medidor de vazão. O óleo diesel escoa até bomba de alta pressão que é acionada por um motor elétrico. O combustível segue pelo tubo de alta pressão até o *common rail-diesel* que o direciona para o injetor. O programa LABVIEW controla o momento e quantidade de diesel que é injetado diretamente na câmara de combustão.

3.12.1 Bomba de Alta Pressão - Diesel

Com capacidade de comprimir combustível até 1600 bar a bomba de alta pressão da marca Delphi, mostrada na Figura 3.27, é lubrificada com o próprio óleo diesel do sistema.



Figura 3.27: Bomba de alta pressão.

3.12.2 Common Rail – Diesel

Também chamado de acumulador de pressão, este dispositivo consiste de um tubo forjado com conexões: uma designada para captar o combustível pressurizado pela bomba de alta pressão e as restantes para transferir combustível pressurizado para os injetores. O *common rail* utilizado neste trabalho é da marca Bosch; possui sensor de pressão, válvula de segurança e foi adaptado para ser utilizado com apenas um injetor. A Figura 3.28 mostra o injetor de diesel conectado ao *common rail-diesel*.

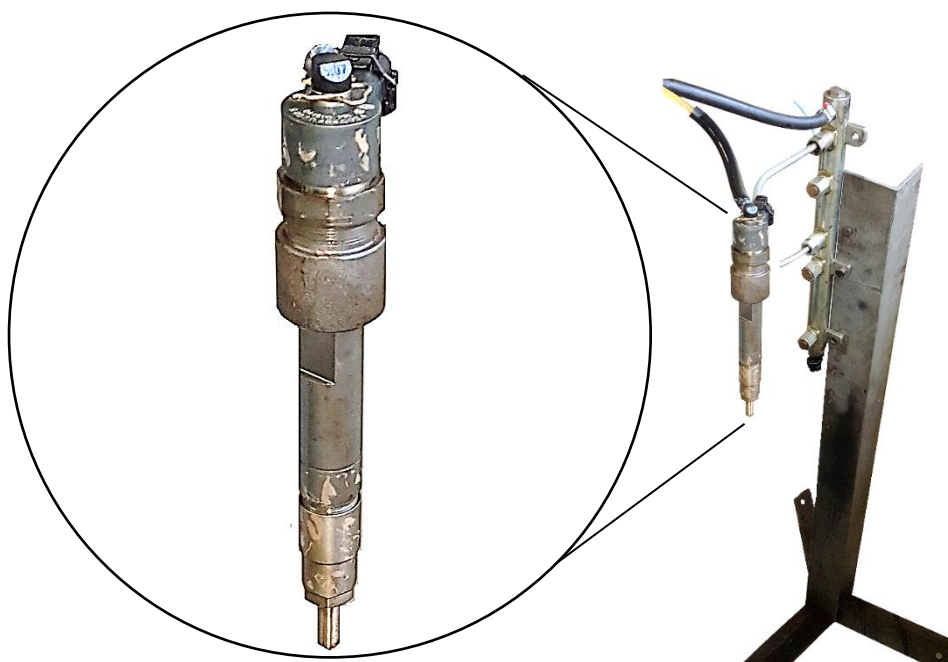


Figura 3.28: Common rail com injetor – diesel

3.12.3 Injetor – Diesel

Para injetar óleo diesel foi utilizado injetor (Bosch 0 499 A05 058 - CRIN3), cujos dados estão especificados na Tabela 3.10.

Tabela 3.11: Dados Técnicos do Injetor Diesel

Ficha Técnica do Injetor Diesel	
Descrição	Característica
Número de orifícios	6
Diâmetro dos orifícios	140 micrômetros
Pressão mínima	150 Bar
Pressão máxima	1800 Bar

3.12.4 Motor Elétrico do Sistema de Injeção de Diesel

Neste trabalho foi utilizado o motor elétrico WEG de 5 HP, especificado na Tabela 3.10, para acionar a bomba de alta pressão de diesel.

Tabela 3.12: Dados Técnicos do Motor Elétrico (SID)

Ficha Técnica do Motor Elétrico	
Descrição	Característica
Potência	3,5 kW (5 CV)
Tensão	220/380 V
Frequência Rotação	60 Hz 1715 RPM

Fonte: WEG

3.13 Cabeçote Modificado

Para que motor YANMAR NSB50 pudesse operar com tecnologia RCCI, foi necessário adaptar dois injetores (diesel e etanol) no cabeçote. Este foi um dos maiores desafios deste trabalho, pois a geometria externa do cabeçote apontava para uma localização entre os balancins e as válvulas. Entretanto, a geometria interna era ainda mais restrita por conta da galeria de circulação do fluido de arrefecimento.

Após analisar as possibilidades de posicionamento dos injetores foi verificado que, por conta do comprimento e da espessura, o injetor de diesel deveria ser posicionado na região originalmente ocupada pelo suporte dos balancins. E que a instalação deveria ser feita paralelamente à trajetória das válvulas de escape e admissão. Entretanto, partindo da posição escolhida, o injetor diesel passaria, obrigatoriamente, por dentro da galeria do fluido de arrefecimento para alcançar a câmara de combustão. Portanto, para evitar o contato, foi projetado um alojamento com a finalidade de comportar o injetor e que também tinha a função de substituir o suporte dos balancins.

Em relação ao injetor de etanol, foi decidido que este deveria ocupar o lugar que antes era destinado ao injetor diesel no motor original. Entretanto, as dimensões do local não eram compatíveis com as dimensões do injetor de etanol. Portanto, foi necessário instalar, por interferência, uma capa de aço SAE 1020 no cabeçote do motor para acomodar o injetor de etanol. Este dispositivo também funcionava como vedação, evitando a descompressão do motor.

A Figura 3.29 mostra o alojamento do injetor diesel no cabeçote original e os alojamentos adaptados para instalar os novos injetores no cabeçote modificado.

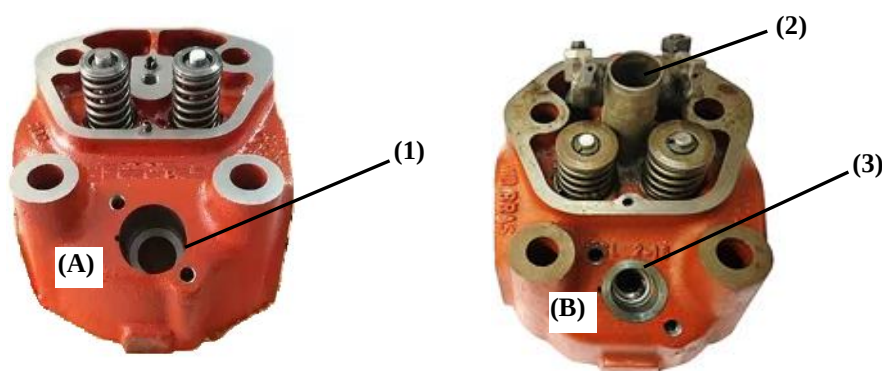


Figura 3.29: Cabeçote original (A): alojamento do injetor diesel original (1). Cabeçote modificado (B): alojamentos do injetor diesel (2) e do injetor etanol (3).

A tampa do cabeçote também sofreu alteração. Foi necessário abrir espaço para posicionar o injetor de diesel e criar um sistema de vedação para evitar o vazamento de óleo lubrificante. Na parte superior foi construído um suporte para o injetor de diesel. Ainda na parte superior foram feitos dois furos para abrigar os novos parafusos de fixação do cabeçote. Os parafusos originais foram substituídos

por parafusos alongados que além de fixar o cabeçote no motor tinha também a função de prender o injetor diesel no conjunto cabeçote-motor. A Figura 3.30 mostra as tampas original e modificada.



Figura 3.30: Tampas do cabeçote: original (A) e modificada (B)

O desenvolvimento e a fabricação do alojamento do injetor diesel, bem como a instalação deste no cabeçote do motor foi, sem dúvida, a etapa mais complexa das que foram realizadas na adequação do motor para operar com tecnologia RCCI. Os espaços disponíveis eram escassos e, qualquer erro poderia comprometer a estrutura das galerias de circulação do líquido de arrefecimento ou dos alojamentos das válvulas de admissão e de escape. A Figura 3.31 mostra o cabeçote adaptado em três perspectivas diferentes.

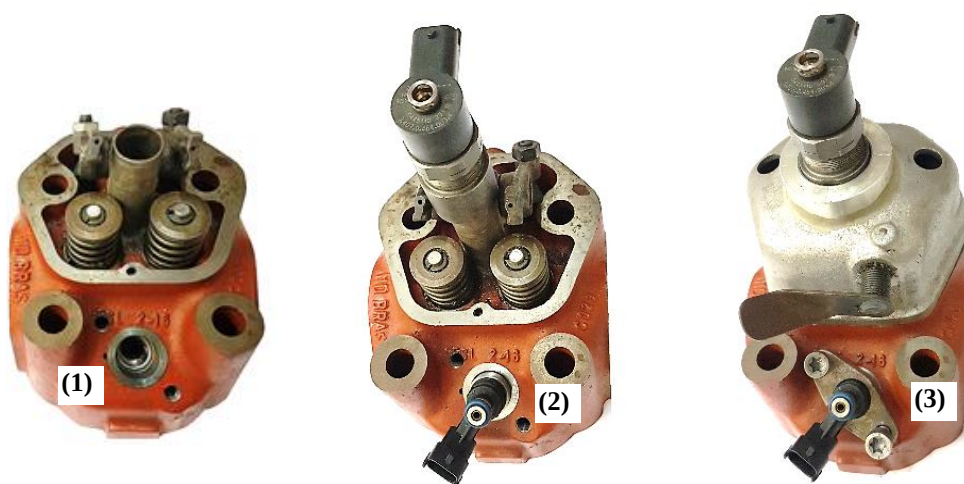


Figura 3.31: Cabeçote adaptado com alojamento para os injetores diesel e etanol (1). Cabeçote adaptado com injetor diesel e etanol (2). Cabeçote adaptado com os injetores diesel e etanol e com a tampa do cabeçote (3).

A introdução de novos elementos no cabeçote alterou a geometria da câmara de combustão e provocou o crescimento na taxa de compressão do motor que passou de 23,1 para 26:1. A instalação do conjunto alojamento-injetor de etanol foi uma das ações que mais contribuiu para este aumento.

A alteração na localização e no posicionamento angular do injetor diesel provocaram mudanças relevantes na direção do jato e na penetração deste combustível na câmara de combustão.

Os efeitos das adaptações no cabeçote tornaram-se conhecidos por ocasião do funcionamento do motor modificado para operar com tecnologia RCCI. Os resultados destes foram apresentados e comentados no capítulo 8.

A Figura 3.32 apresenta a parte inferior dos cabeçotes original e adaptado com os detalhes do orifício de captação de pressão (1) e da disposição dos bicos injetores de diesel (2) e de etanol (3).

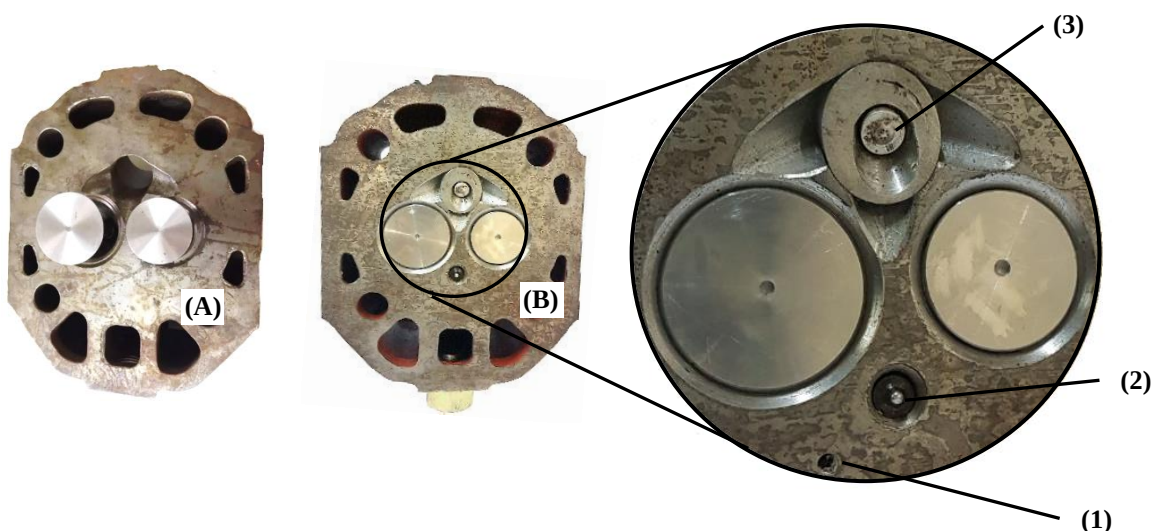


Figura 3.32: Cabeçote original (A). Cabeçote adaptado (B) com injetor de etanol (1), injetor de diesel (2) e orifício de captação de pressão.

Os procedimentos de usinagem a que o cabeçote foi submetido para o motor operar com tecnologia RCCI, tornaram-no fragilizado. Porque a espessura das paredes das galerias de fluido de arrefecimento e dos alojamentos das válvulas diminuíram por conta das as intervenções. A Figura 3.33 mostra o interior da primeira versão do cabeçote modificado em corte, que foi danificado no momento da instalação do alojamento do injetor diesel.

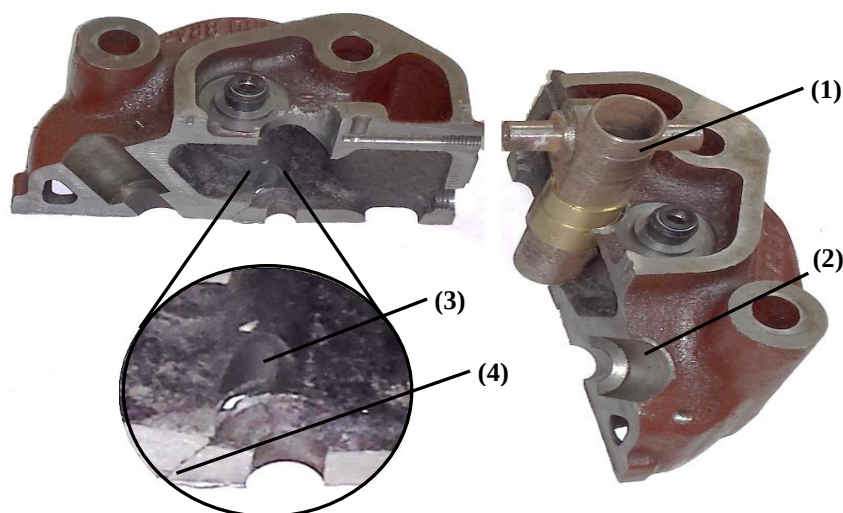


Figura 3.33: Primeira versão do alojamento do injetor diesel (1). Alojamento do injetor de etanol (2). Desgaste na parede da válvula de admissão (3). Fratura (4).

O ponto (1) mostra a primeira versão do conjunto alojamento do injetor diesel-suporte do virabrequim que foi produzido solidariamente. Nas versões seguintes foi utilizado o suporte do virabrequim original soldado no alojamento do injetor diesel. Esta ação teve por objetivo aproveitar o sistema de interno lubrificação do suporte do virabrequim.

O ponto (2) mostra a parte em corte o alojamento do injetor de etanol sem a capa de aço SAE 1020.

O ponto (3) da Figura 3.31 mostra a modificação na parede do alojamento da válvula de admissão. A diminuição da espessura da parede foi realizada com uma fresa de topo. Este procedimento foi realizado com a finalidade de criar um recinto com dimensões adequadas para instalar o alojamento do injetor diesel.

O ponto (4) mostra a propagação da fratura situada entre a parede da válvula de admissão e furo destinado à instalação do alojamento do injetor diesel.

A Figura 3.34 mostra o rompimento na parede do alojamento da válvula de admissão observado de outra perspectiva. Nota-se que, além do rompimento nas paredes (1), as fissuras se irradiaram pela região do furo destinado a receber o alojamento do injetor diesel (2) e alcançaram o alojamento do parafuso de fixação do cabeçote no motor (3).

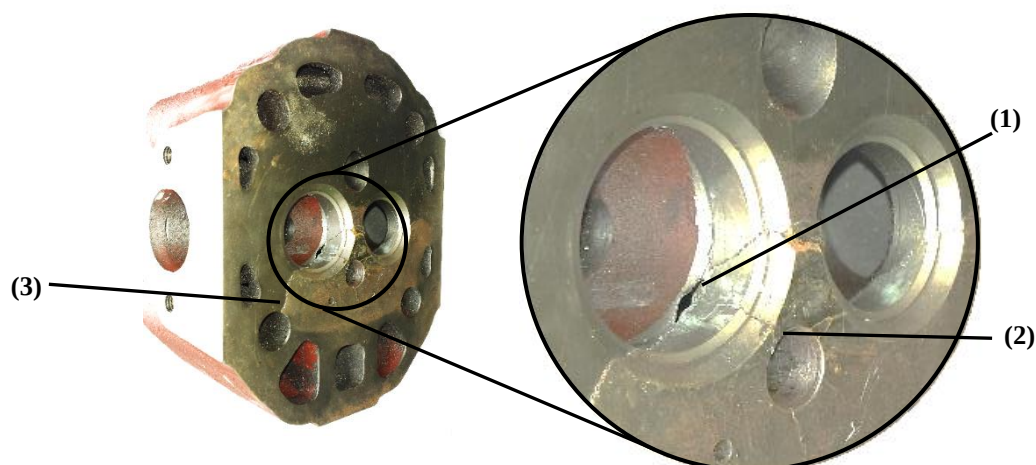


Figura 3.34: Rompimento da parede do alojamento da válvula de admissão (1) do cabeçote do motor. Fissuras na região do furo destinado a receber o alojamento do injetor diesel (2). Fissuras no alojamento do parafuso de fixação do cabeçote no motor (3).

A adequação do motor YANMAR NSB50 para operar com tecnologia RCCI foi desenvolvida em parceria com Arsenal de Guerra do Rio de Janeiro (AGR) e com o Centro Tecnológico do Exército (CTEx). A nova taxa de compressão foi determinada no laboratório de metrologia do CTEx. A primeira versão do alojamento do injetor diesel foi feita na seção de tornearia do AGR e a segunda versão foi feita no CTEx. Os demais componentes utilizados nesta adaptação foram fabricados no (SAM) e na oficina da (SBVM) do CTEx.