

William Verzimiassi

ANÁLISE DO SISTEMA STOP/START DO MOTOR.

São Caetano do Sul

2012

William Verzimiassi

ANÁLISE DO SISTEMA STOP/START DO MOTOR.

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Automotiva, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. MSc. Fernando Fusco Rovai

São Caetano do Sul

2012

Verzimiassi, William

Análise do sistema Star/Stop do motor , baseando-se em um estudo aprofundado de seus componentes e os benefícios gerados por sua aplicação em veículos / William Verzimiassi. São Paulo, 2012. 48p.

Monografia — MBA em Engenharia automotiva. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, SP, **2012**.

Orientador: Prof. MSc. Fernando Fusco Rovai

CDU xxx(815.6)

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia primeiramente a Deus, que nos permite todo conhecimento e ciência ,aos meus pais Vladimir e Luzia , e minha namorada Cintia que são os principais impulsionadores do meu sucesso profissional e acadêmico e aos demais parentes que estão sempre presentes na minha vida me motivando , a sempre seguir em frente em rumo, aos meus sonhos profissionais e pessoais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por permitir realizar este grande sonho de cursar este curso .Ao professor Fernando Fusco pela orientação neste trabalho e sua grande contribuição de seu conhecimento técnico.

RESUMO

Este trabalho apresenta as principais implicações técnicas sobre o sistema de start/stop do motor de combustão interna. Baseia-se em catálogos de fornecedores e publicações técnicas, levando em conta fundamentalmente o desgaste dos mancais de deslizamento, o gerenciamento da carga da bateria e o dimensionamento do motor de partida. Apresenta as principais vantagens do sistema como redução do consumo de combustível em trajeto urbano e consequentemente a redução de emissões de poluentes.

Palavras-chave: Sistema start-stop; redução do consumo de combustível; redução de emissões.

ABSTRACT

This paper presents the main technical implications of the start / stop system applied on the internal combustion engine. It's based on supplier catalogs and technical publications, primarily taking the wear of plain bearings in account, the battery charge management and the starter dimensioning. It introduces the main advantages of this system as a fuel consumption and consequently pollutant emissions reduction in urban traffic.

Keywords: Start–stop system; reduction of fuel consumption and emissions.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IMT	Instituto Mauá de Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 CONTEXTO.....	10
1.2 OBJETIVO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA START/STOP	13
2.1.1Função do Start/Stop	13
2.1.2 Integração do sistema Start/Stop com o veículo	14
2.1.3 Fluxograma do sistema Start/Stop	15
2.1.4 Vantagens para as montadoras, condutores e benefícios para o meio ambiente	17
2.2 GERENCIADOR DA CARGA DE BATERIA.....	18
2.3 BATERIA	19
2.3.1 Funcionamento da bateria.....	19
2.3.2 Dimensionamento da bateria.....	21
2.3.3 Bateria para aplicação do sistema Start/Stop.....	22
2.4 ALTERNADOR CONVENCIONAL	24
2.4.1 Funcionamento do alternador.....	24
2.4.2 Dimensionamento do alternador	28
2.5 ALTERNADOR COM FUNÇÃO DE PARTIDA.....	29
2.6 MOTOR DE PARTIDA	30
2.6.1 Funcionamento do motor de partida.....	30
2.6.2 Dimensionamento do motor de partida.....	33
2.6.3 Motor de partida para Start/Stop	34
3 BRONZINA COM REVESTIMENTO	35
4 APLICAÇÕES DO SISTEMA START /STOP	43
5 CONCLUSÃO	46
6 REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

O sistema start/stop originou-se no Japão com o Toyota Crown na década de 70 , que após 1,5 segundos em marcha-lenta com o motor em ponto morto desligava automaticamente o motor, o que apresentou uma redução de consumo de 10% no trânsito de Tóquio.

Com a Citroen em 2006 foi apresentado um novo conceito de sistema start-stop com alterador que também trabalha como motor de partida, substituindo assim o motor de partida convencional.

Em 2008 a BMW, em conjunto com a Bosch, desenvolveu um sistema baseado em um motor de partida de maior capacidade (“Heavy Duty”) que pode suportar um maior número de ciclos de partida, sendo o sistema de bateria dimensionado para que o alternador não fique ativado na maioria das vezes . O alternador é ativado quando há necessidade de se carregar a bateria e quando o veículo entra em desaceleração (freios regenerativos).

O sistema I-Stop da Mazda, detecta qual pistão está mais próximo do ponto morto superior, onde a mistura ar-combustível está pronta para ser inflamada. A mistura neste cilindro é inflamada pela vela de ignição, acionando o pistão, resultando em uma partida muito mais rápida em relação aos demais sistemas, próximo de 0,35 segundos.

Em 2011 a Mazda incorporou o sistema I-ELOOP , sistema que utiliza um alternador de tensão variável para converter energia cinética em energia elétrica na desaceleração (freio regenerativo) . Quando usado com o sistema I-Stop o fabricante afirma que economia de combustível pode chegar aos 10% em trajeto urbano.

Atualmente a tecnologia de start/stop vem sendo difundida ao redor do mundo e vem se confirmado como forte tendência de mercado para os próximos anos.

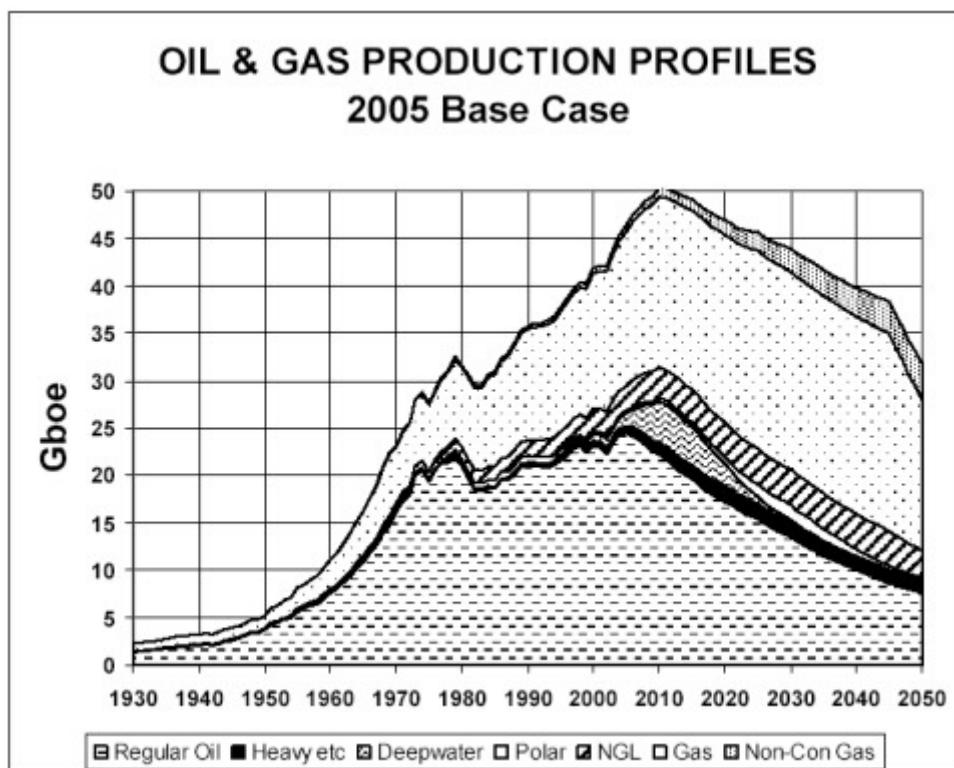
1.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo consiste em analisar o sistema start/stop do motor, verificando os sistemas disponíveis no mercado ; suas principais vantagens ; fatores técnicos que devem ser levadas em consideração e avaliação de desempenho com relação a consumo de combustível e redução de emissões de poluentes.

1.3 JUSTIFICATIVA

A redução das reservas de petróleo tem sido um dos principais fatores que impulsionam o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes devido a previsão de que o mundo já está se aproximando de um fenômeno denominado de “pico do petróleo”, que indica o auge da produção de petróleo do mundo, como ilustra a figura 1.

Figura 1: Gráfico da Teoria do pico do petróleo



(ASPO, 12)

De acordo com o gráfico podemos facilmente avaliar a queda na produção após o ponto de pico, o que resultaria em uma crise energética mundial sem precedentes.

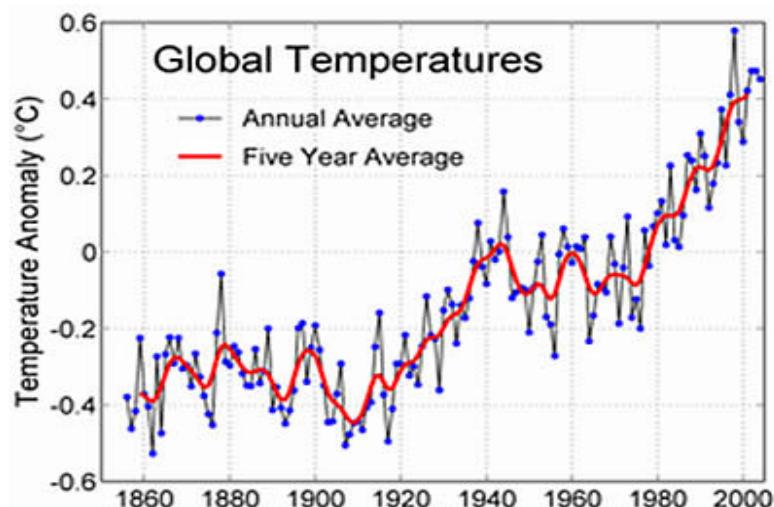
Um fator também muito importante que vem sendo muito divulgado nos últimos dias é o risco ambiental que, ao longo de um ano, despejam-se milhões de toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera, o que provoca a elevação da temperatura global, (figuras 2 e 3).

Figura 2: Gráfico de toneladas de CO₂ por ano



(ASPO, 12)

Figura 3: Gráfico de elevação da temperatura



(ASPO, 12)

Como mostram as figuras 2 e 3 , isto vem afetando fortemente o clima no planeta e consequentemente os seres vivos que nele habitam. Portanto com a crescente necessidade de se aumentar a eficiência dos veículos , novos sistemas vem sendo desenvolvidos num esforço continuo para redução do consumo de combustível e redução de emissões de poluentes (ASPO, 12). O veículo micro híbrido, que se trata de um veículo com start/stop, é o que está mais próximo dos dias atuais, sendo hoje a solução mais viável economicamente que as demais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA START/STOP

Segundo Rocha (2010), o Sistema Start/Stop é um sistema programado para fazer o desligamento do motor em condições de trânsito pesado ou em parada em semáforo, juntamente com o seu início de funcionamento. O Sistema Start/Stop é empregado em alguns carros avançados de algumas montadoras, geralmente em carros de alta cilindrada e potência elevada.

Como exemplo, Rocha (2010) cita que, um automóvel equipado com este sistema, circula por uma via e deve parar mais adiante em um sinal ou mesmo em uma condição de tráfego congestionado. Se o sistema start/stop estiver ligado o motor é desligado o tempo que o carro permanecer parado. Quando o motorista pisa novamente no acelerador o motor liga novamente e o motorista pode sair como o veículo.

2.1.1 Função do Start/Stop

A função Start/Stop é totalmente automática e pode fornecer economia de combustível de até 6% em uso urbano suburbano europeu, e até 25% na condução em condições de trânsito congestionado. O Start/Stop tem um “design” avançado e pode ser adaptado para qualquer tipo de veículo, conforme as exigências de cada montadora. Também pode desligar e reiniciar o motor quando o veículo está se movendo lentamente, o que aumenta ainda mais a economia de combustível (VALEO, 2010).

Segundo dados da Bosch (2010), as finalidades do Sistema Start/Stop são: proteger o meio ambiente, economizar combustível e proporcionar maior conforto ao dirigir.

Os motoristas têm a necessidade de parar frequentemente nos semáforos ou no tráfego da cidade (congestionamento) e a função do Sistema Start/Stop, durante essas paradas obrigatórias nos semáforos, desliga automaticamente o motor, economizando combustível.

Para tanto, a Bosch (2010), inovando e pensando no futuro, desenvolveu esse sistema para exercer esta função, ou seja, o Sistema Start/Stop com o Motor de Partida para Start/Stop.

2.1.2 Integração do sistema Start/Stop com o veículo

Rocha (2010), explica que o Start/Stop é um sistema gerenciado junto à unidade de injeção eletrônica e unidade eletrônica de freio e transmissão automática. Quando o motorista permanece com o pé no freio o sistema entra em alerta e fica monitorando a velocidade, através do sensor de velocidade do veículo. Quando o sistema detecta a parada do veículo, corta a ignição e manda uma ação para transmissão automática para que a mesma permaneça em neutro (N). Ao liberar o freio e acionar o acelerador, um pulso positivo chega a um relé temporizado do motor de partida e paralelamente aos sistemas de e controle do motor transmissão.

Figura 3: Porsche Cayenne, híbrido com start/stop e corte de cilindros



Fonte: Rocha (2010)

Obs.: 1. Bateria

2. Duto de escapamento
3. Eletrônica de potência
4. Módulo de controle
5. Motor 3.0 V6 Turbo

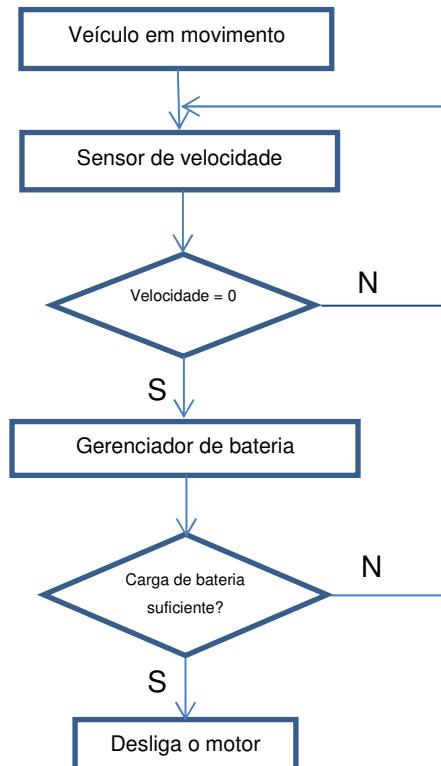
O resultado do Sistema Start/Stop se obtém através de um jogo de cooperação entre a unidade de controle e diversos sensores. Em fração de segundo, o gestor do motor verifica se o motor está parado, se as rodas estão paradas e se a bateria tem carga suficiente para um novo arranque. Caso essas condições se apliquem, o motor é desligado. Ao acionar a embreagem, o motor arranca de forma rápida, silenciosa e segura.

Estudo realizado por Fonseca; Casanova e Valdés (2011) sobre a “Influência do sistema do Start/Stop em emissões de CO₂ de um veículo diesel no tráfego urbano”, apontou os seguintes resultados: até 20% de redução em emissões de CO₂ no tráfego urbano real; em uma velocidade média de 15.5 km/h. A redução poderia, em parte, ser atribuída às mudanças no motor.

2.1.3 Fluxograma do sistema Start/Stop

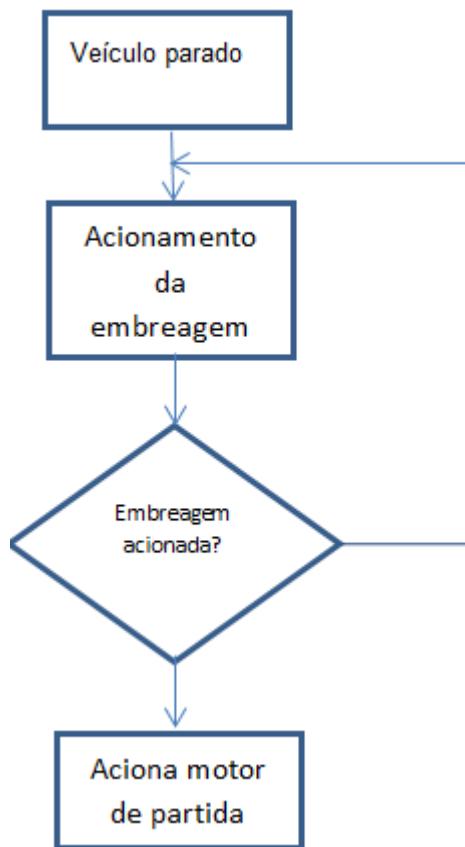
O Fluxograma a seguir mostra como o Sistema Start/Stop para automaticamente, conforme vídeo demonstrativo da Bosch, a partir de uma parada no semáforo até a religação automática do motor.

Fluxograma da Bosch, a partir do veículo parado num semáforo ou congestionamento



Após essa fase, quando se aciona a embreagem, o motor liga automaticamente, conforme o fluxograma a seguir.

Fluxograma da Bosch para a acionar automaticamente o veículo parado num semáforo ou congestionamento



Um acordo firmado na Europa, em 2009, para a redução das emissões de CO₂ dos veículos na atmosfera limita essas emissões em 130 g/km, com execução progressiva de 2012 a 2015. Para cumprir tais exigências, os fabricantes de veículo foram forçados a incorporar melhorias tecnológicas, e entre elas, o Sistema Start-stop. Pensando no Slogan da Bosch é: proteja o ambiente, economize combustível e dirija com mais conforto com o novo sistema Start/Stop da Bosch.

2.1.4 Vantagens para as montadoras, condutores e benefícios para o meio ambiente

Os condutores de veículos gastam muito tempo em congestionamentos e situações de parada em semáforos. O ato de parar e arrancar, segundo dados da Bosch (2010), mostra que são ações desnecessárias para o veículo, o condutor e o meio ambiente.

2.1.4.1 Vantagens para a montadora

- Economia de combustível e as emissões de dióxido de carbono reduzidas e um custo razoável.
- Instalação idêntica à de um acionador de partida convencional
- O poder de arranque é aumentado para 3 KW quando o usual é 0,8KW.
- A eficiência elétrica maior do que a de um motor de partida convencional.
- Economia de combustível otimizada por desligar o motor antes que o veículo alcance uma parada completa.

2.1.4.2 Vantagens para o usuário

- Economia de combustível e redução das emissões de dióxido de carbono de cerca de 6%; até 8% no uso urbano-suburbano e até 25% no tráfego urbano congestionado.
- O motor para e reinicia automaticamente.
- O motor reinicia em menos de 350 milissegundos.
- O ruído do motor e as vibrações são eliminados quando o veículo está em uma paralisação temporária, o que representa 35% de tempo em condução da cidade, em média , porém devido ao desligamento do motor o sistema de ar condicionado também é desligado.

A Bosch (2010) realizou um teste em uma estrada de 7 km com doze paradas de 15 segundos cada mostrou que o Sistema Start/Stop reduz o consumo de combustível e emissões de CO₂

em até 8%, dependendo do tipo de veículo. Se as paradas forem mais longas, esse percentual de redução de combustível e emissão de CO₂ pode ser maior.

Segundo Rocha (2010) o Sistema Start/Stop funciona bem e é eficiente, reduzindo as emissões em torno de 15%, dependendo do veículo. Alguns carros com um número de cilindros maior como um V8 ou V10 recebem uma programação extra que corta pela metade o funcionamento do motor, ou seja, num motor de 8 cilindros que opera em perímetro urbano não tem necessidade de ter todos os cilindros ativados, portanto, o sistema desliga de três a quatro cilindros do motor, reduzindo o consumo e emissões.

2.2 GERENCIADOR DA CARGA DE BATERIA

Devido à utilização do sistema de Start/Stop , gerou-se a necessidade de se desenvolver um sistema de gestão de energia para o veículo .A aplicação do Start/Stop faz com que a bateria trabalhe em regimes mais severos de carga e descarga , o que é um fator importante para se garantir o acionamento do motor de partida no ato de se reiniciar o motor a combustão.

Vindo de encontro com esta necessidade o módulo de gestão de energia deve monitorar a condição de carga da bateria , para que se garanta uma condição de carga suficiente para acionar o motor de partida. Podendo também incorporar módulos elétricos de distribuição inteligente de corrente, regulando a quantidade de corrente que deve ser transmitida para cada componente elétrico do veículo.

A Johnson Controls (2011) , fornece um módulo de gestão de energia de software aberto , o que permite sua aplicação em qualquer veículo .Tendo como base um gerenciamento da corrente que sai da bateria para os componentes elétricos do veiculo e a capacidade total de carga da bateria .Veja na figura 4 a foto de uma placa de gestão de energia.

Figura 4: Placa de Gestão de energia



Fonte: Johnson (2010)

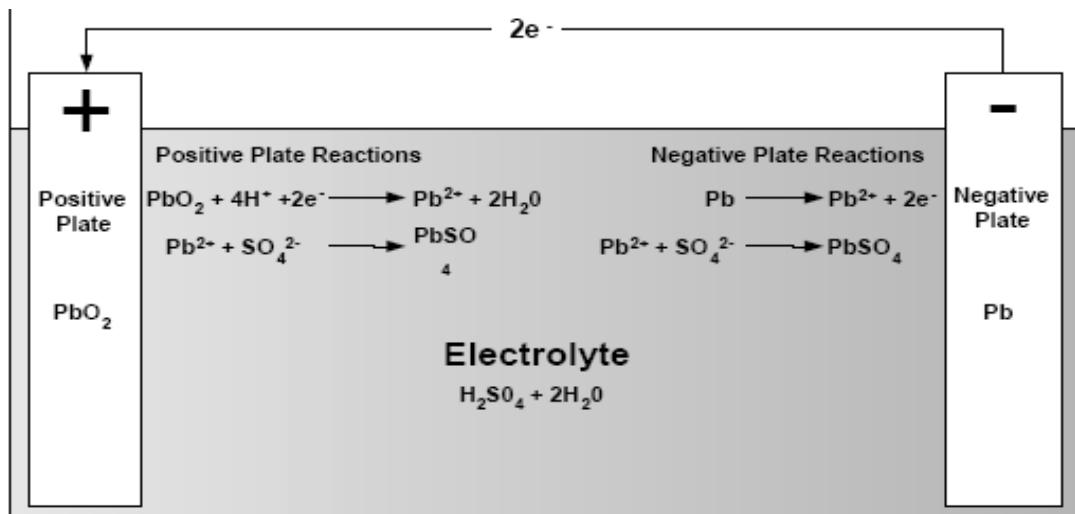
2.3 BATERIA

Para aplicações com sistema Star/Stop um dos componentes mais exigidos , neste caso é a bateria que trabalha em regimes de carga e descarga muito mais severos. Neste capítulo abordaremos o funcionamento básico de uma bateria convencional , aspectos a serem levados em consideração em seu dimensionamento e qual tipo de característica construtiva mais adequada para essa aplicação(SILVA, 2011).

2.3.1 Funcionamento da bateria

De acordo com a figura 8 podemos observar as características principais de uma bateria chumbo ácido (SILVA, 2011).

Figura 5: Funcionamento esquemático da bateria

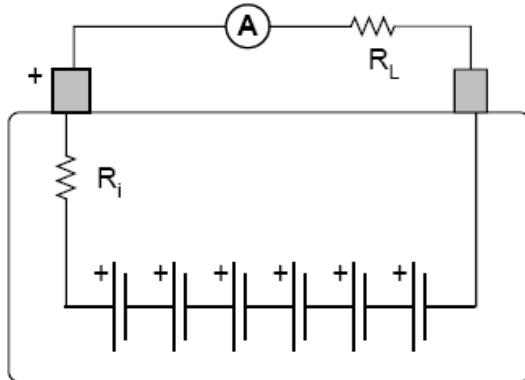


Fonte: SILVA (2011)

Que se constitui de uma placa positiva de PbO_2 (óxido de chumbo) , outra negativa com Pb (chumbo) que imersas em uma solução de ácido sulfúrico , produzem reações químicas que induzem corrente e tensão entre os pólos positivo e negativo (SILVA, 2011).

De acordo com esse princípio a bateria convencional pode ser descrita de acordo com o circuito elétrico da figura 6 (SILVA, 2011).

Figura 6: Esquema elétrico da bateria



Fonte: SILVA (2011)

Este esquema elétrico descreve uma associação de baterias em série que constituem uma bateria automotiva , ilustrando também uma resistência interna denominada R_i que se trata da perda de tensão dentro da bateria devido às resistências internas dos materiais que ela compõe.

Um fator muito importante na avaliação de carga da bateria é massa específica do eletrólito como mostra a figura 7 (SILVA, 2011).

Figura 7: Tabela de eletrólito em função da carga

Electrolyte Specific Gravity	Cell Voltage, V	Charge, %
1.28	2.12	100
1.24	2.08	75
1.20	2.04	50
1.16	2.00	25
1.12	1.96	0

Fonte: SILVA (2011)

Na figura 7 se demonstra que a redução de massa específica do eletrólito, mesmo sendo pequena, afeta de maneira brusca a capacidade de carga da bateria. Como exemplo pode-se avaliar os seguintes valores: para massa específica do eletrólito de 1.28 tem-se 100% de capacidade de carga e para 1.12 tem-se 0%. Para uma redução de massa específica de 0,16 g tem-se toda a capacidade de carga dessa bateria totalmente reduzida. (SILVA, 2011).

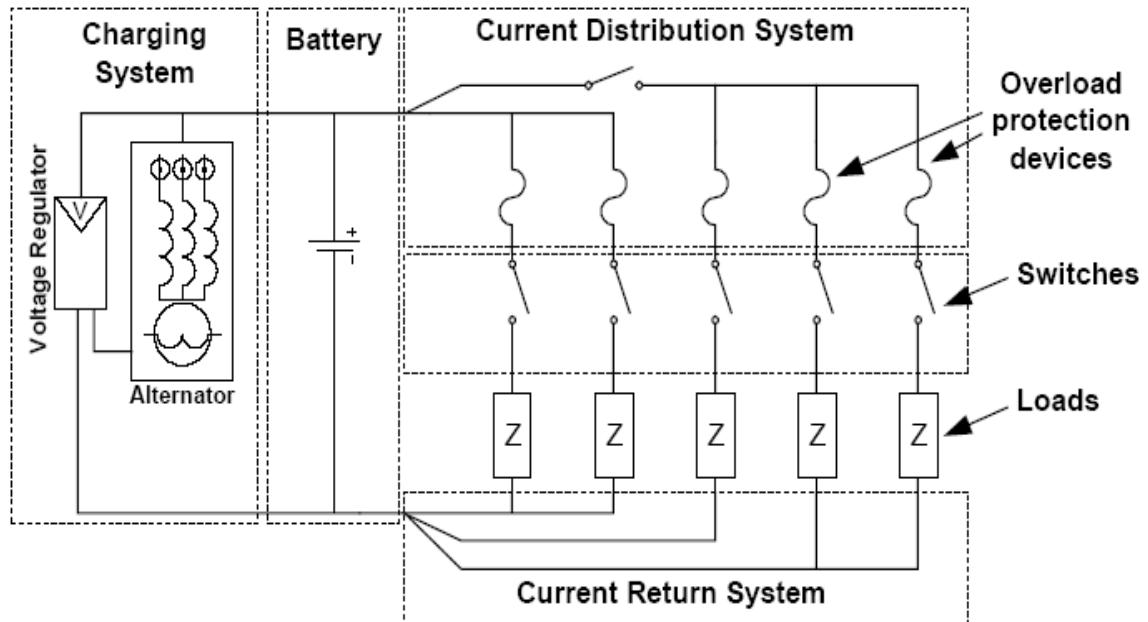
2.3.2 Dimensionamento da bateria

Os principais fatores que devem ser levados em consideração quando se dimensiona uma bateria são (SILVA, 2011):

- A carga exigida pelo motor de partida , que é um dos maiores consumidores de corrente;
- O sistema de carregamento deve ser robusto o suficiente para garantir que a bateria seja recarregada suficientemente antes da próxima partida.
- A eficiência da bateria que é a razão de energia descarregada sobre energia carregada, que para baterias convencionais está em torno de 75%.
- E demais periféricos do veículo que consomem energia elétrica como : ar condicionado , faróis e lanternas , painel de instrumentos e etc.

Como se pode observar na figura 8,

Figura 8: Esquema elétrico do veículo



Fonte: SILVA (2011)

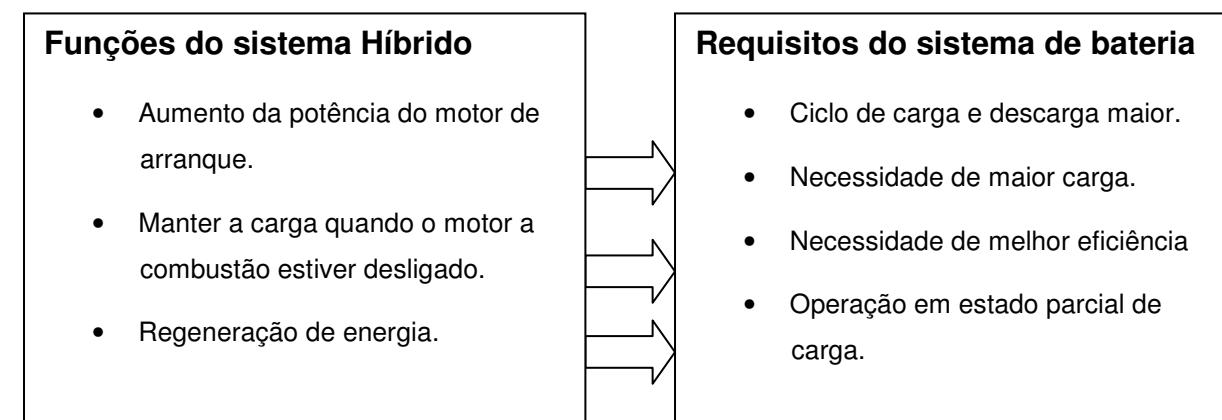
que ilustra uma ligação da bateria em conjunto com o sistema de carregamento e sistema de distribuição de energia para as cargas.

O sistema de carregamento é constituído pelo o alternador e o regulador de tensão , e o sistema de distribuição constituído pelos cabos que os interliga , os fusíveis de proteção ,e as chaves que habilitam e desabilitam o uso dos periféricos “cargas” (SILVA, 2011).

2.3.3 Bateria para aplicação do sistema Start/Stop.

Com base na figura 9 pode-se observar a relação entre as funções de um sistema híbrido e os requisitos que devem estar presentes no sistema de bateria.

Figura 9: Exigências de um carro híbrido



Fonte: Johnson (2010)

Em função dessa demanda os fornecedores de bateria desenvolveram diversas soluções para as necessidades supra citadas , no entanto enfocaremos neste estudo apenas a solução da Johnson Controls.

A tecnologia AGM da Johnson apresenta as seguintes características que diferem de uma bateria chumbo ácida convencional.

- Bateria totalmente selada , possibilitando maior segurança.
- Válvula de controle de pressão VRLA (recombinação dos gases internos)
- Separadores de fibra de vidro que impedem vazamentos e conferem maior resistência à vibração.

A figura 10 ilustra um modelo construtivo desta bateria.

Figura 10: Vista detalhada da bateria



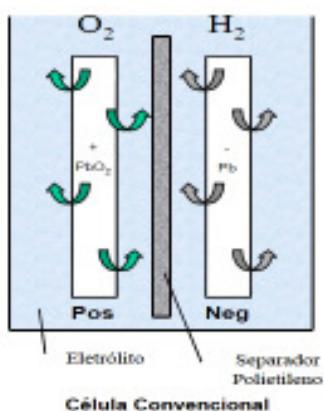
Fonte: Johnson (2010)

Segundo a Johnson (2010) as principais vantagens desta bateria são:

- Não perde água para atmosfera – maior resistência à corrosão.
- Separador em manta de fibra de vidro – maior resistência à vibração.
- Eletrólito retido no separador – evita vazamento do eletrólito.
- Elemento comprimido na célula – maior resistência à ciclagem.
- Válvula minimiza emissões de gases – abertura somente em caso de sobrecarga.
- Três vezes mais capacidade de carga/ recarga.

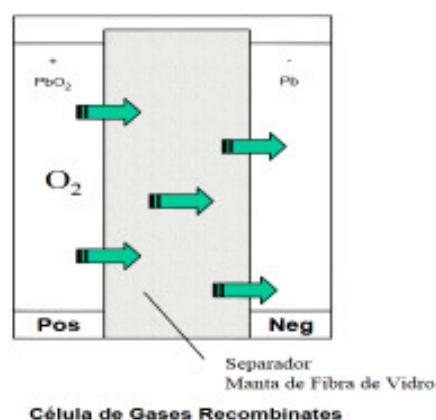
Pode-se também verificar com base nas figuras 11 e 12 a diferença entre uma bateria chumbo ácido convencional e uma AGM da esquerda para direita respectivamente.

Figura 11: Esquema de bateria comum



Fonte: Johnson (2010)

Figura 12: Esquema de bateria AGM



Fonte: Johnson (2010)

Com base neste estudo a bateria AGM se apresenta como a solução mais viável para um veículo com sistema Start/Stop por ser mais viável economicamente se comparada à bateria de Íon Lítio.

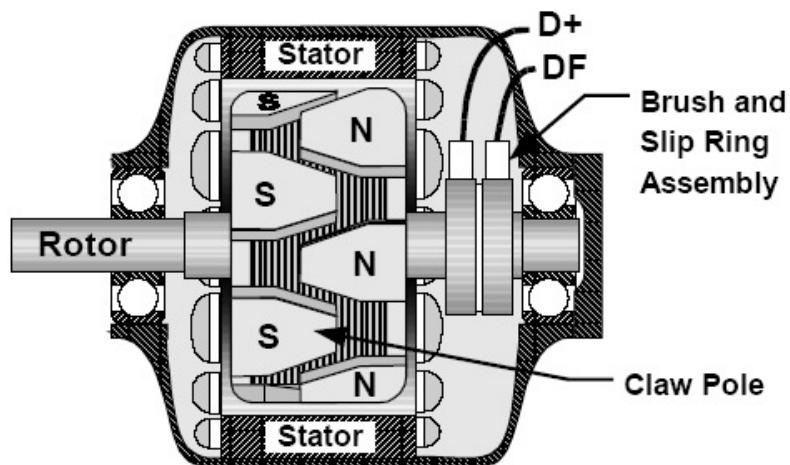
2.4 ALTERNADOR CONVENCIONAL

O alternador é responsável pelo carregamento da bateria ,sendo portanto muito exigido em uma aplicação com Start/Stop. Em seguida se abordará seu funcionamento , suas características construtivas e dimensionamento.

2.4.1 Funcionamento do alternador

Para entender o funcionamento inicialmente tem-se que conhecer suas características construtivas, como ilustra a figura 13(SILVA, 2011).

Figura 13: Vista em corte de um alternador



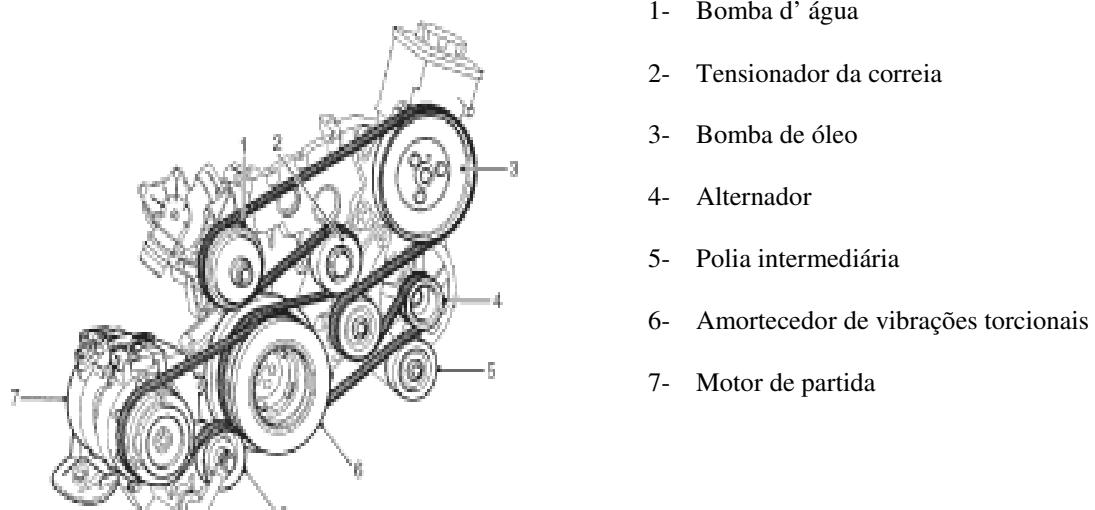
Fonte: SILVA (2011)

Observa-se então que os principais componentes são (SILVA, 2011):

- Rotor
- Estator.
- Ponte retificadora.
- Regulador de tensão.

O rotor é que recebe o movimento do motor de combustão como ilustra a figura 14 (SILVA,2011).

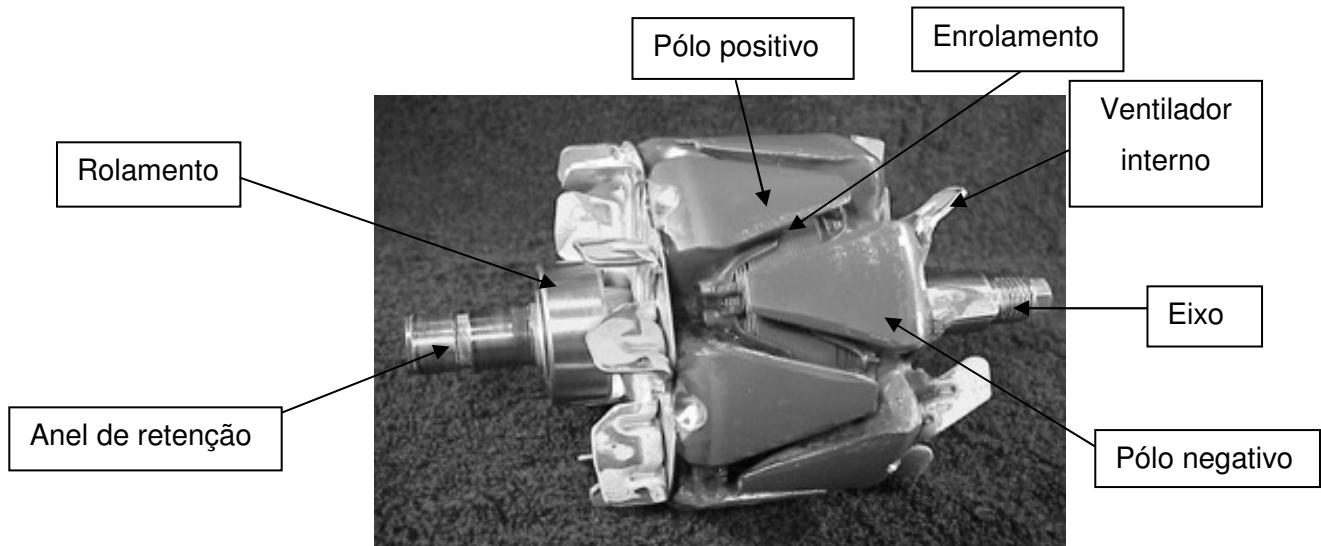
Figura 14: Esquema de polias do motor a combustão



Fonte: SILVA (2011)

Para compreender em maiores detalhes o rotor tem-se figura 15 .

Figura 15: Foto da montagem do rotor



Fonte: SILVA (2011)

O estator está detalhado na figura 16 .

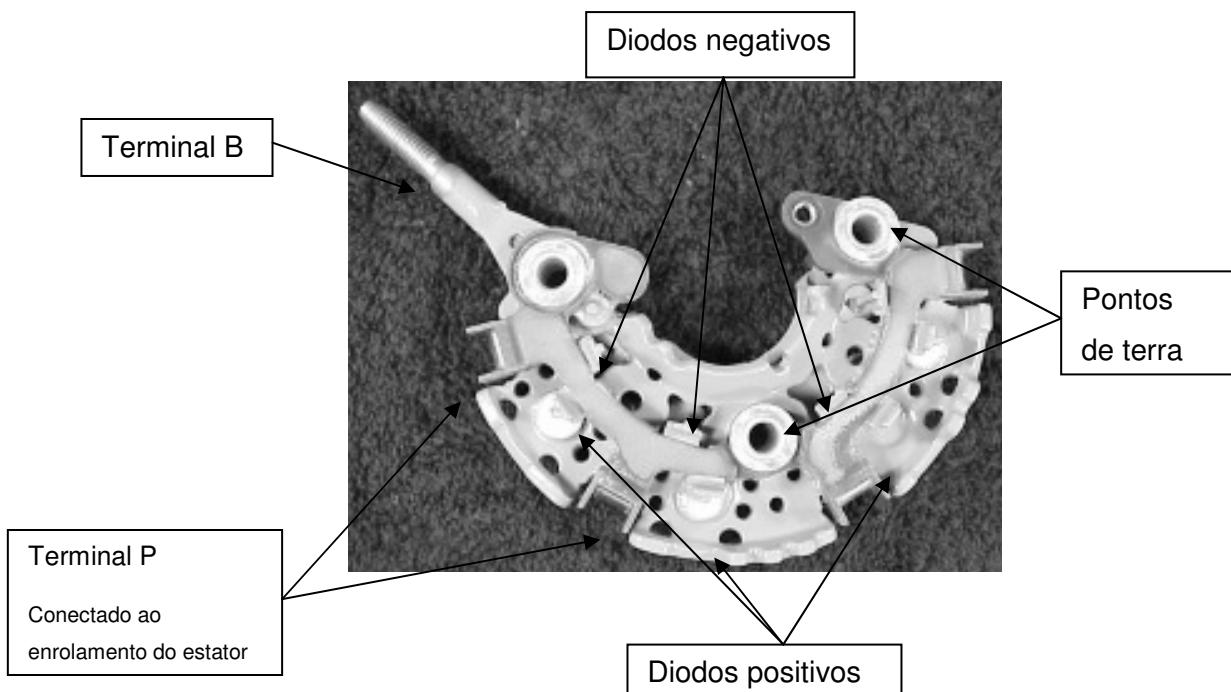
Figura 16: Foto do estator do alternador



Fonte: SILVA (2011)

A ponte retificadora em maiores detalhes se observa na figura 17.

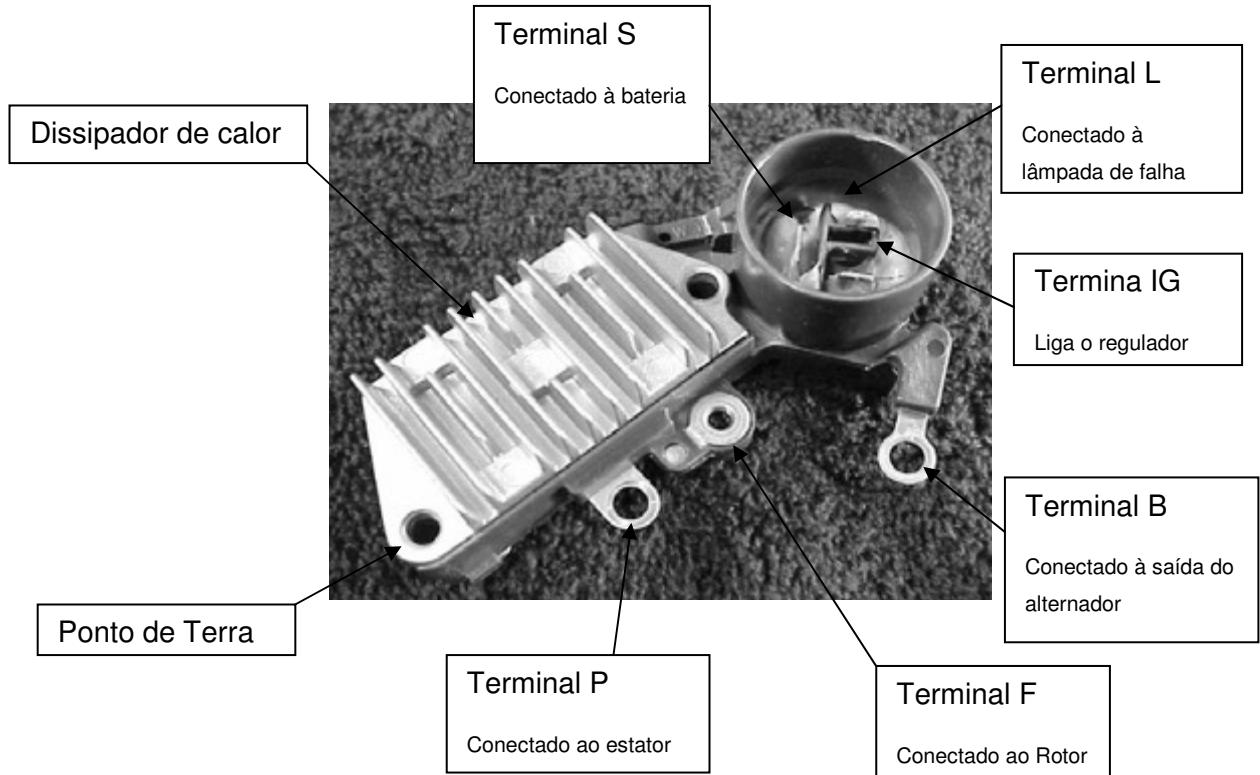
Figura 17: Foto da ponte de diodos



Fonte: SILVA (2011)

Na figura 18 as características construtivas do regulador de tensão.

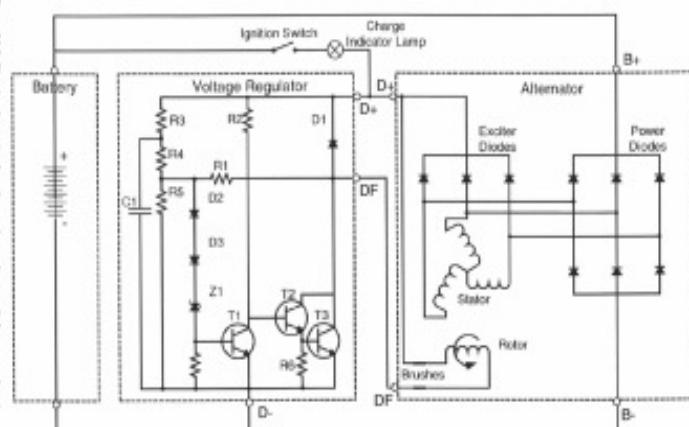
Figura 18: Foto do regulador de tensão



Fonte: SILVA (2011)

Pode-se assim ter uma visão geral do funcionamento do sistema de carregamento da bateria de acordo com a figura 19.

Figura 19: Esquema elétrico do alternador



Fonte: SILVA (2011)

Portanto quando o rotor gira com seus pólos positivos e negativos no interior do estator gera-se uma tensão trifásica alternada , que posteriormente é convertida em corrente contínua pela ponte retificadora , com tensão controlada pelo regulador de tensão (SILVA, 2011).

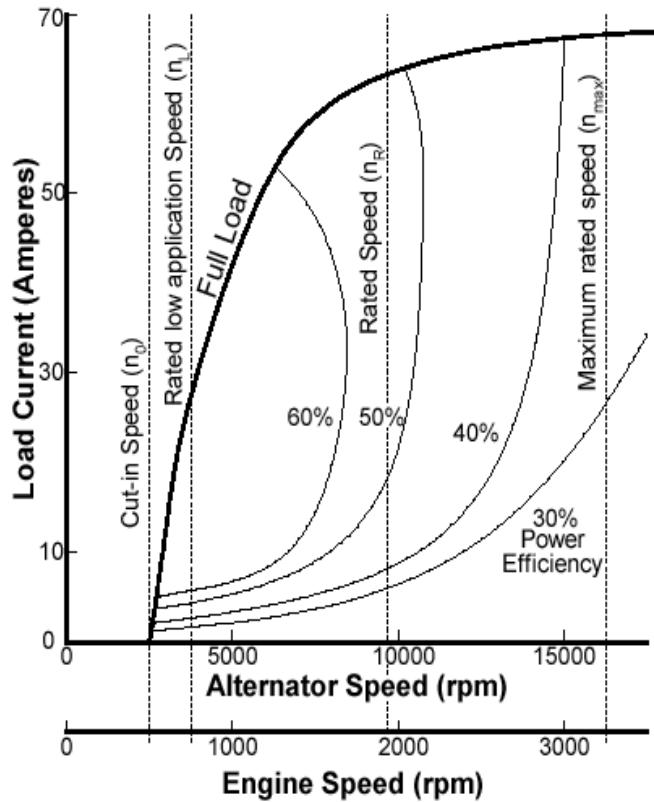
2.4.2 Dimensionamento do alternador

Os principais fatores que devem serem levados em consideração no dimensionamento do alternador são (SILVA, 2011) :

- A curva de desempenho do alternador.
- As demandas de longo prazo de carga como : carregamento da bateria , bomba de combustível , lâmpadas de trabalho , painel de instrumentos e módulos de controle.

Pode-se observar na figura 20 a curva de desempenho de um alternador (SILVA, 2011).

Figura 20: Curva de desempenho do alternador



Fonte: SILVA (2011)

Observa-se que em função da rotação do alternador tem-se uma determinada eficiência no carregamento da bateria , que neste caso só atinge seu fornecimento de carga máxima próximo da rotação máxima do rotor (SILVA, 2011).

De acordo com a aplicação do Start/Stop, que implica diretamente em regime severo de carga e descarga da bateria, o dimensionamento do alternador se torna muito mais crítico devido à necessidade de que sua capacidade de carregamento seja maior a uma rotação mais baixa , devido ao processo de anda e para do trânsito urbano.

2.5 ALTERNADOR COM FUNÇÃO DE PARTIDA

Com base nas exigências da aplicação de Start/Stop a Continental e a Valeo , desenvolveram um alternador com função de partida , que se trata de um alternador que se comporta , hora como motor de partida ,hora como alternador, sendo comutado por um módulo de controle,

dispensando assim a utilização do motor de partida.

Veja a figura 21 que ilustra este componente.

Figura 21: Foto do alternador com função de partida



Fonte: Continental (2010)

Conforme a Continental (2010) as principais características deste componente são:

- Máquina assíncrona de alta velocidade.
- Alta densidade de potência.
- Alta eficiência.

- Baixo peso.
- Pequeno comprimento axial.

As principais informações técnicas conforme Continental (2010) são:

- Alta velocidade (até 18000rpm).
- Alta tensão de trabalho (acima dos 150V).
- Frenagem regenerativa do motor (5KW continuo e 20KW de pico).
- Arrefecimento a água.

Sendo então uma das soluções para aplicação do sistema Start/Stop , dispensando a utilização de um motor de partida.

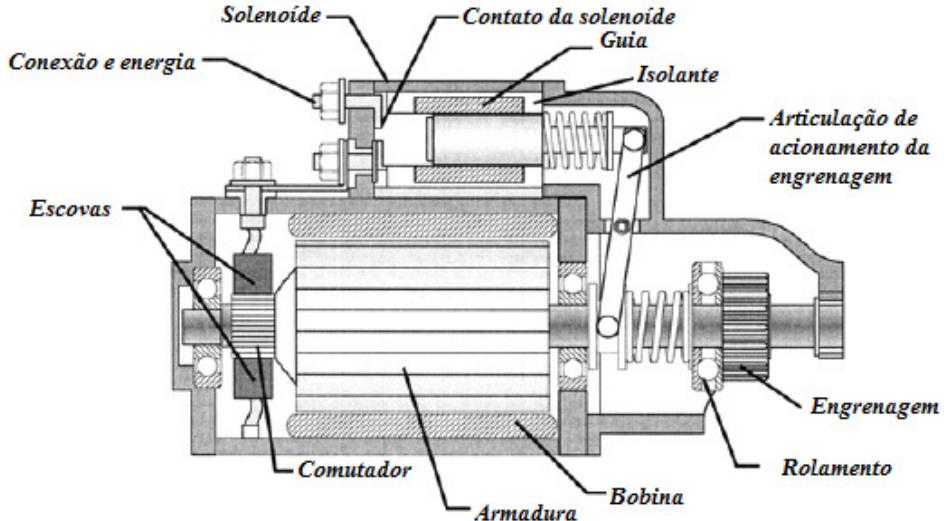
2.6 MOTOR DE PARTIDA

O motor de partida é o elemento que acelera o motor a combustão até que ele entre em funcionamento, tendo então papel fundamental numa aplicação Start/Stop , pois é ele que deve partir o motor a cada parada e um tempo de resposta baixo para que o ocupante não sinta o desconforto de uma partida demasiada lenta Dentre os tipos de motores , este trabalho aborda somente o mais utilizado, o motor de corrente continua (DC) , focando suas características construtivas ,seu funcionamento , dimensionamento cuja aplicação seja Start/Stop.

2.6.1 Funcionamento do motor de partida

Inicialmente pode-se ver em detalhes cada componente e sua função . A figura 22 ilustra um motor DC de imã permanente.

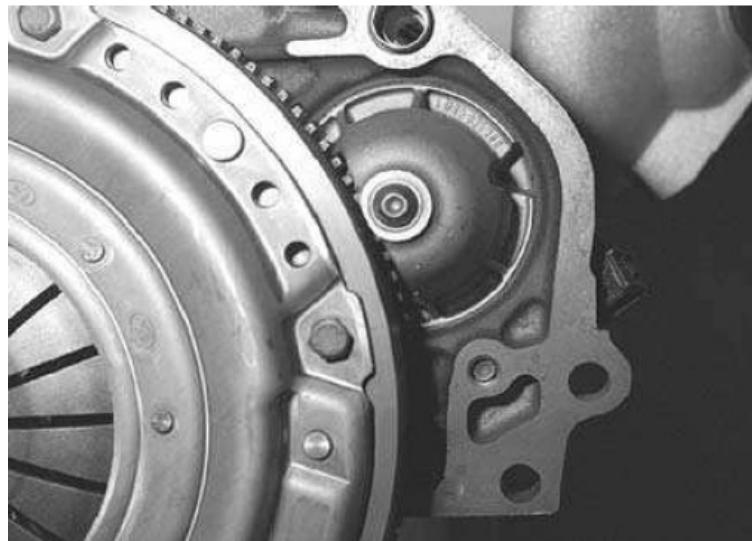
Figura 22: Vista em corte de um motor DC



Fonte: SILVA (2011)

Com base na figura 22 observa-se que ao se acionar a solenoide, as molas se comprimem empurrando o pinhão para se acoplar ao volante do motor a combustão, como ilustrado na figura 23 (SILVA, 2011).

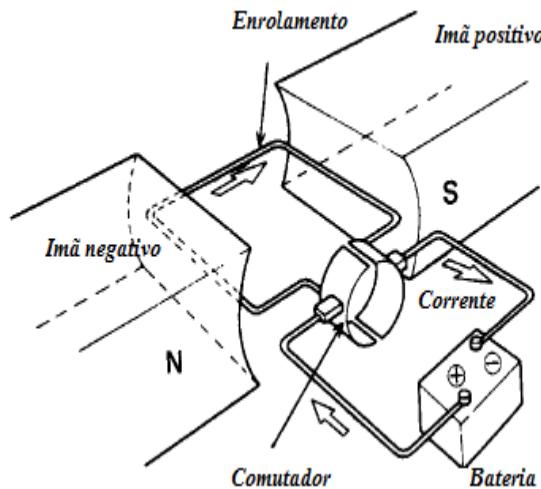
Figura 23: Foto do sistema de acoplamento com o motor



Fonte: SILVA (2011)

Para melhor compreender seu funcionamento elétrico, a figura 24 ilustra, de forma esquemática, a ligação com a bateria e o princípio de funcionamento (SILVA, 2011).

Figura 24: Foto do sistema de acoplamento com o motor



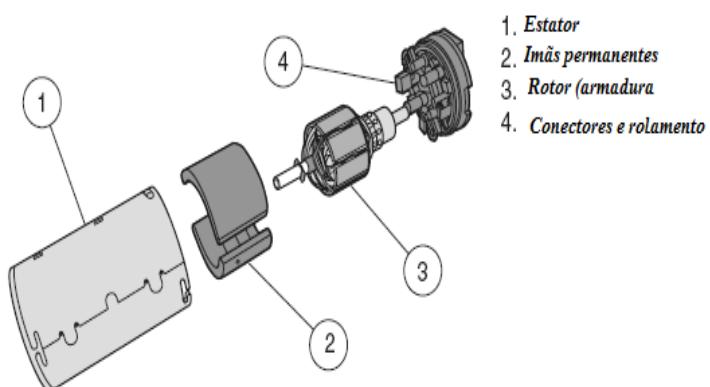
Fonte: SILVA (2011)

Como se observa na figura 24 o enrolamento é ligado à bateria por meio do comutador , que tem por função determinar o sentido da corrente elétrica, o que afeta diretamente o sentido de rotação.

O enrolamento por sua vez se torna magnetizado e é repelido pelos imãs, o que gera um força tangencial que provoca a rotação do motor (SILVA, 2011).

Pode-se ver em mais detalhes na figura 25 a vista explodida de um motor DC(SILVA, 2011).

Figura 25: Vista explodida do motor DC



Fonte: SILVA (2011)

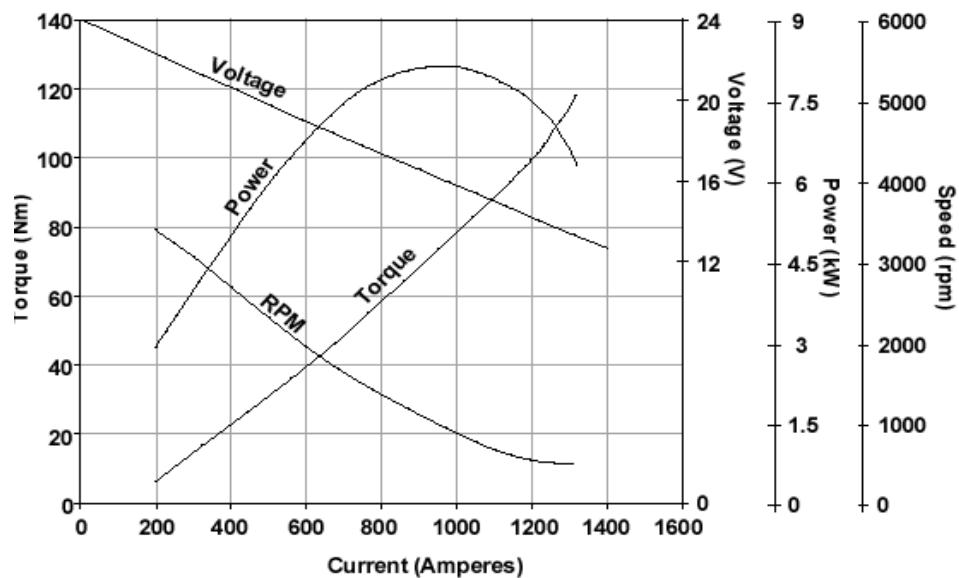
2.6.2 Dimensionamento do motor de partida

Para dimensionar o motor de partida deve-se levar em consideração os seguintes fatores (SILVA, 2011):

- O torque exigido pelo motor a combustão para sair de sua inércia;
- A curva de desempenho do motor de partida;
- O número de ciclos de acionamento.

Pode-se observar na figura 26 uma típica curva de desempenho de um motor DC

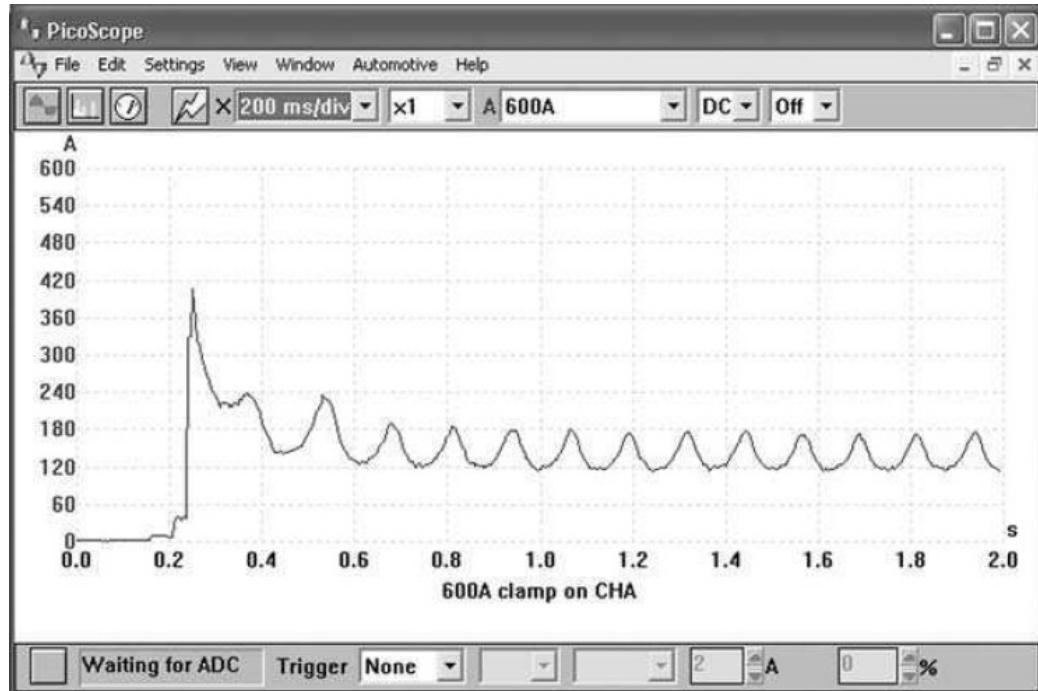
Figura 26: Curva de desempenho do motor DC



Fonte: SILVA (2011)

Define-se então com a figura 25 a correlação entre as grandezas , torque versus rotação em função da tensão versus a corrente. Portanto o bom dimensionamento da bateria e do alternador afeta diretamente a performance do motor de partida. Deve-se ainda levar em consideração um fenômeno crítico que ocorre na partida do motor que é a corrente de pico, que ocorre quando o motor de partida é iniciado, conforme ilustrado na figura 27 (SILVA, 2011).

Figura 27: Curva de desempenho do motor DC



Fonte: SILVA (2011)

2.6.3 Motor de partida para Start/Stop

Segundo a Bosch (2010), as principais diferenças entre um motor de partida convencional e um motor de partida para aplicação do sistema Start/Stop são:

- Melhor desempenho para tempos de partidas mais curtos.
- Fortalecimento dos enrolamentos sujeitos a serviço pesado.
- Acoplamento do motor de partida ao motor a combustão por engrenagem planetária.
- Otimização da vida útil do comutador.

Todos estes benefícios se contrapõem ao custo de uma potência elétrica mais elevada que a potência utilizada em aplicações veiculares convencionais, sendo de 0,8 KW nas aplicações convencionais e 1,5 KW para Start/Stop, implicando diretamente numa condição mais crítica de dimensionamento para o alternador e a bateria.

Pode-se ver a foto deste novo componente na figura 28.

Figura 28:Foto do motor Start/Stop



Fonte: Bosch (2010)

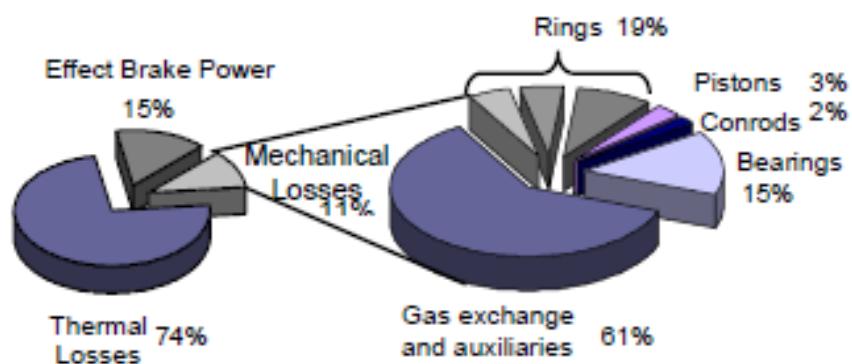
3 BRONZINA COM REVESTIMENTO

Devido à aplicação do sistema Start/Stop os mancais de deslizamento do motor trabalham mais em regimes de lubrificação intermitente e de fronteira (UEHARA, 2011).

Pensando nisso a Mahle, UEHARA (2011), desenvolveu novos revestimentos que tem por finalidade aumentar a capacidade de carga , reduzir o atrito dos mancais e garantir uma vida útil para aplicações com Start/Stop.

Pode-se avaliar a - participação dos mancais de deslizamento em relação às perdas mecânicas do motor de combustão interna na figura 29 .

Figura 29:Gráfico de perdas do motor a combustão

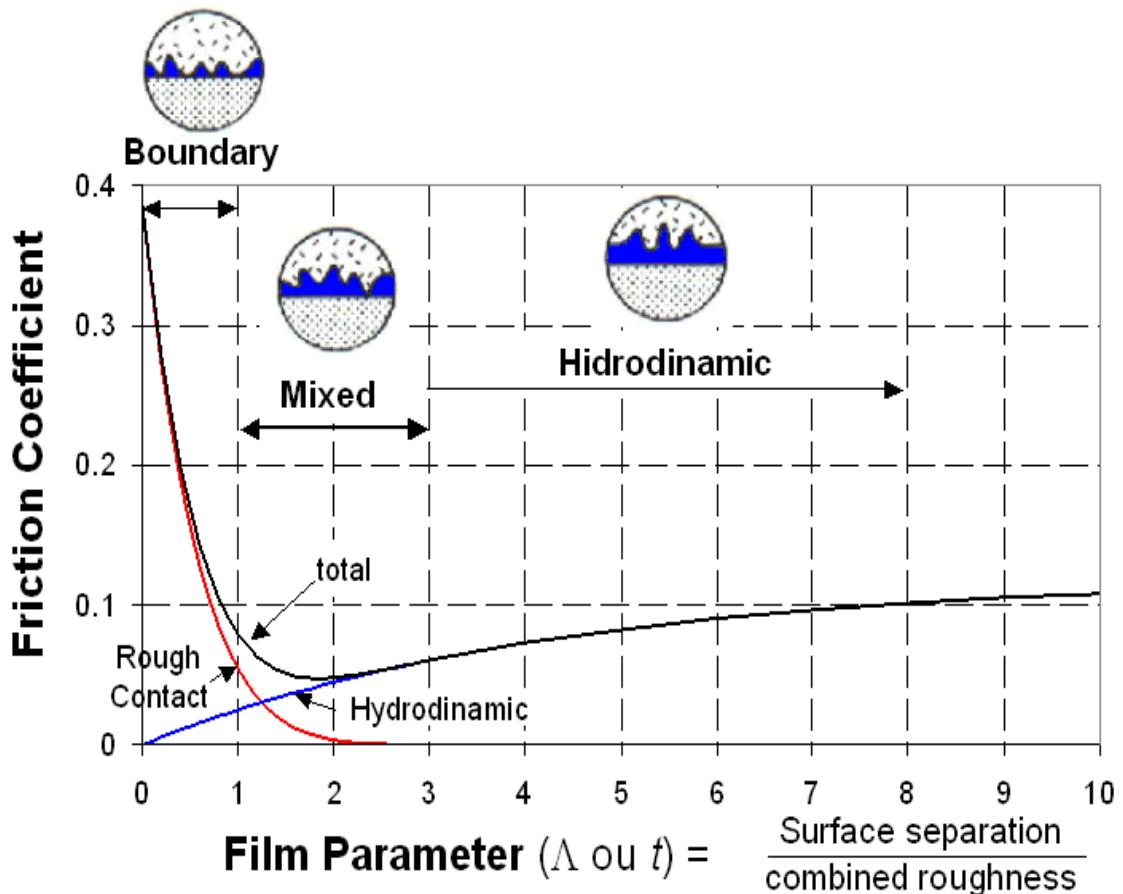


Fonte: UEHARA (2011)

Analisando a figura 28 conclui-se que das perdas mecânicas do motor apenas 15% tem participação das bronzinas devido ao atrito gerado, o que motivou o desenvolvimento de novos revestimentos.

Deve-se ainda considerar a condição de partida do motor, que pode ser bem exemplificada através da figura 30.

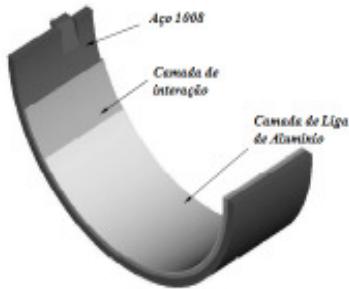
Figura 30: Gráfico das regiões de lubrificação



Fonte: UEHARA (2011)

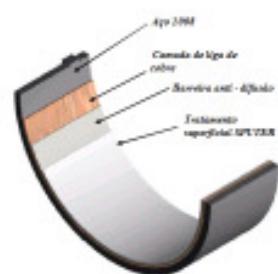
A figura 29 exemplifica as regiões de regime de lubrificação nas bronzinas .Durante a partida tem-se a região de contato , ou seja , contato do virabrequim com a bronzina, o que significa coeficiente de atrito muito maior do que se comparado ao trabalho em regime hidrodinâmico, funcionamento normal do motor. O que reduz significativamente a vida útil do componente e aumenta as perdas mecânicas devido ao maior atrito nos mancais. Para uma melhor análise do componente , podemos observar as duas principais configurações construtivas conforme as figuras 31 e 32.

Figura 31:Bronzina bimetálica



Fonte: UEHARA (2011)

Figura 32:Bronzina trimetálica



Fonte: UEHARA (2011)

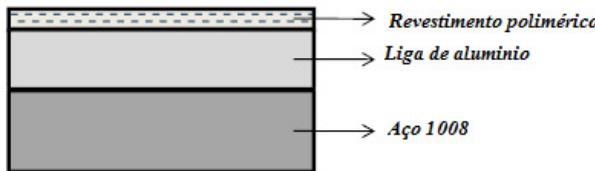
Tem-se na figura 30 uma bronzina bimetálica convencional aplicada em motores de ciclo Otto. A figura 31 ilustra uma bronzina trimetálica com tratamento de superfície, cuja aplicação abrange motores Diesel.

Nota-se a função de cada camada conforme os tópicos abaixo:

- Camada de aço , promove capacidade de carga e sustentação à liga (UEHARA, 2011).
- Camada de interação , trata-se da camada que adere ao aço impedindo o desplacamento da liga.
- Camada de liga , tem por finalidade reduzir o atrito , capacidade de carga e capacidade de aderir possíveis cavacos provenientes de desgaste do virabrequim.
- Barreira anti-difusão , tem a função de proteger contra corrosão as ligas de cobre (UEHARA, 2011).
- Tratamento superficial SPUTER, trata-se de uma deposição de PVD que aumenta a capacidade de carga e reduz o coeficiente de atrito (UEHARA, 2011).

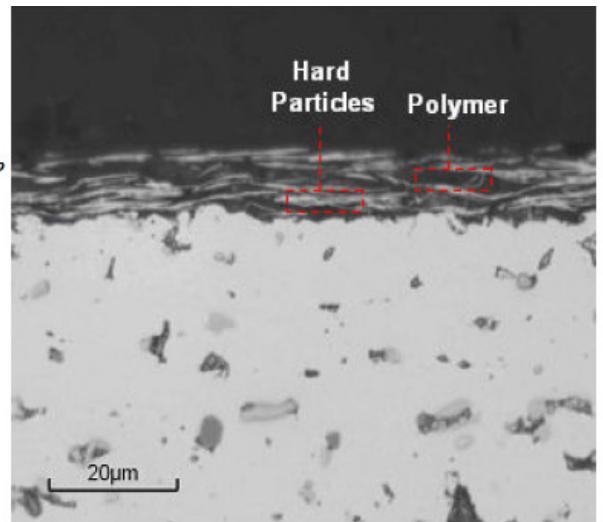
Com base na necessidade de se desenvolver um revestimento para motores de ciclo Otto, UEHARA(2011) desenvolveu um revestimento polimérico, como se pode observar nas figuras 33 e 34.

Figura 33:Bronzina com revestimento



Fonte: UEHARA (2011)

Figura 34:Foto do revestimento polimérico

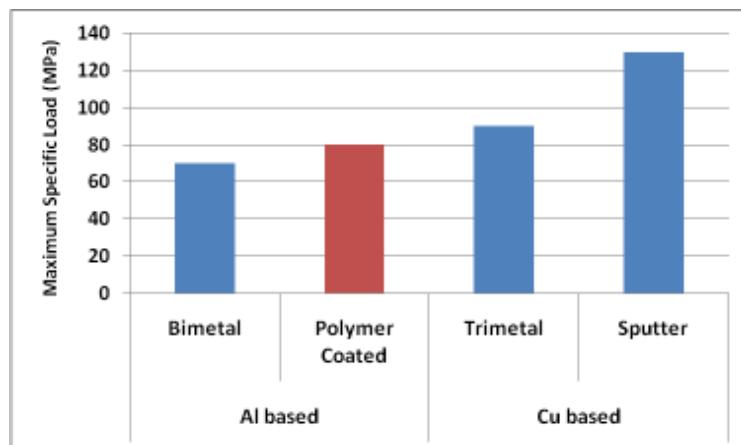


Fonte: UEHARA (2011)

Pode-se observar que o revestimento não é apenas constituído por polímeros mas tem em sua composição lubrificantes sólidos e metal pesado, a fim de dar condutibilidade térmica (UEHARA, 2011)

Foram realizados testes em bancada das bronzinas convencionais e das bronzinas com seus respectivos revestimentos especiais, observando-se na figura 35 o ganho significativo na capacidade de carga (UEHARA, 2011) para cada uma das tecnologias.

Figura 35:Gráfico de comparativo de capacidade de carga

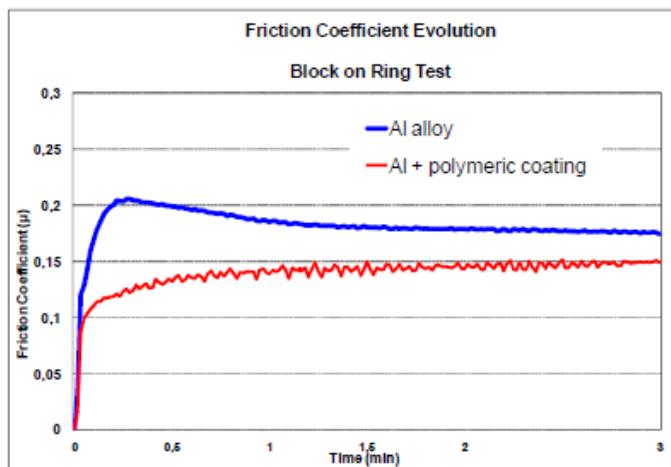


Fonte: UEHARA (2011)

Observa-se um ganho de quase 20 Mpa para o revestimento polimérico e um ganho de quase 60 Mpa para o tratamento SPUTTER, em relação à bronzina convencional bimetálica

O revestimento polimérico foi avaliado ainda em coeficiente de atrito (figura 36), desgaste da superfície (figura 37), temperatura do aço (figura 38) e fadiga (figura 39).

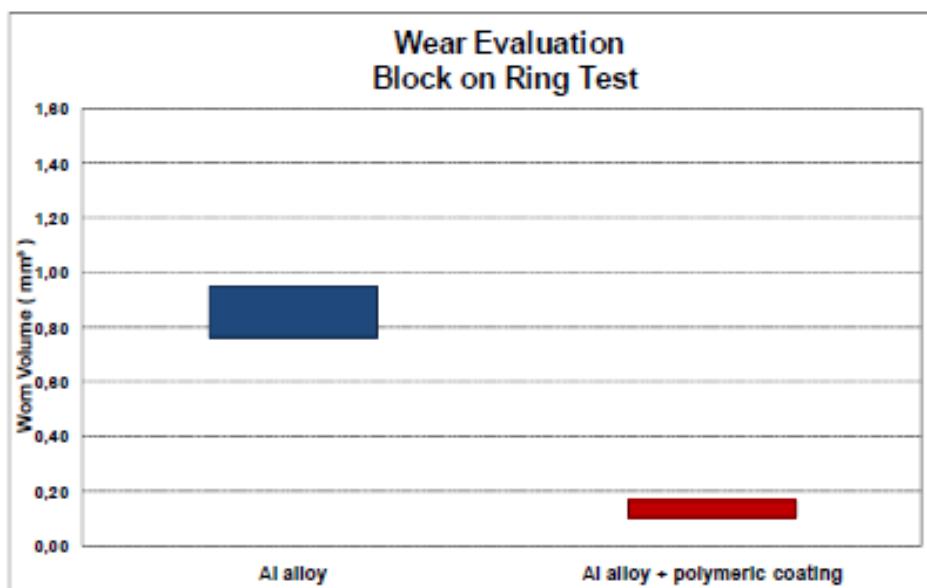
Figura 36:Gráfico de coeficiente de atrito



Fonte: UEHARA (2011)

De acordo com a figura 36 observa-se uma redução muito significativa de atrito no instante da partida do motor, que era de 0,2 e passou a ser pouco mais que 0,1, que apresentou uma curva com subida inferior a 0,05 ao longo do tempo, que se manteve inferior ao da bronzina convencional.

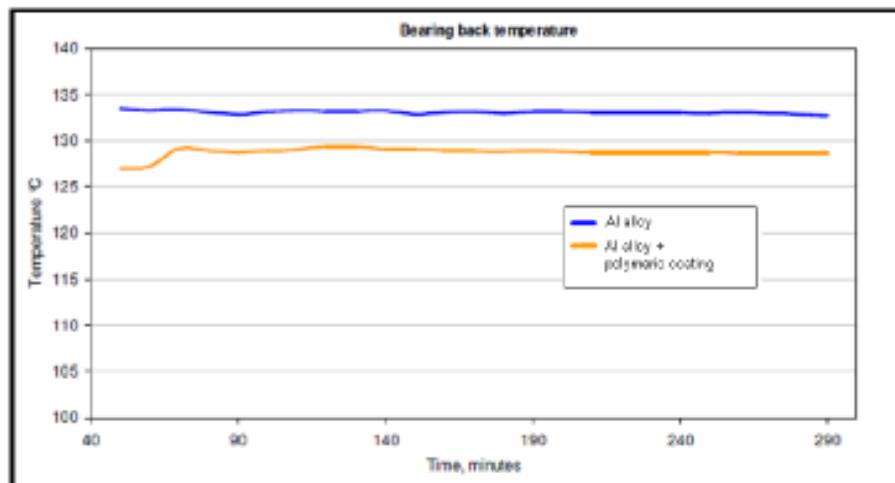
Figura 37:Gráfico de desgaste de superfície



Fonte: UEHARA (2011)

Com base na figura 37 pode-se afirmar que a perda de superfície de contado da bronzina com cobertura polimérica foi muito inferior em relação à convencional., Enquanto o desgaste da bronzina convencional se aproximou de 1 mm³ o observado para a bronzina com revestimento polimérico foi inferior a 0,2 mm³.

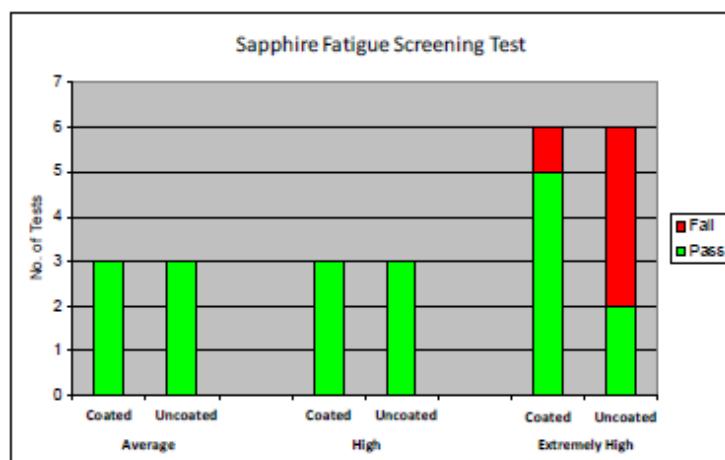
Figura 38:Gráfico de temperatura no aço



Fonte: UEHARA (2011)

A figura 38 mostra que a temperatura do aço também se mantém inferior , garantindo assim que a condutibilidade térmica também melhora com o revestimento polimérico Uehara (2011).

Figura 39:Gráfico de ensaio de fadiga

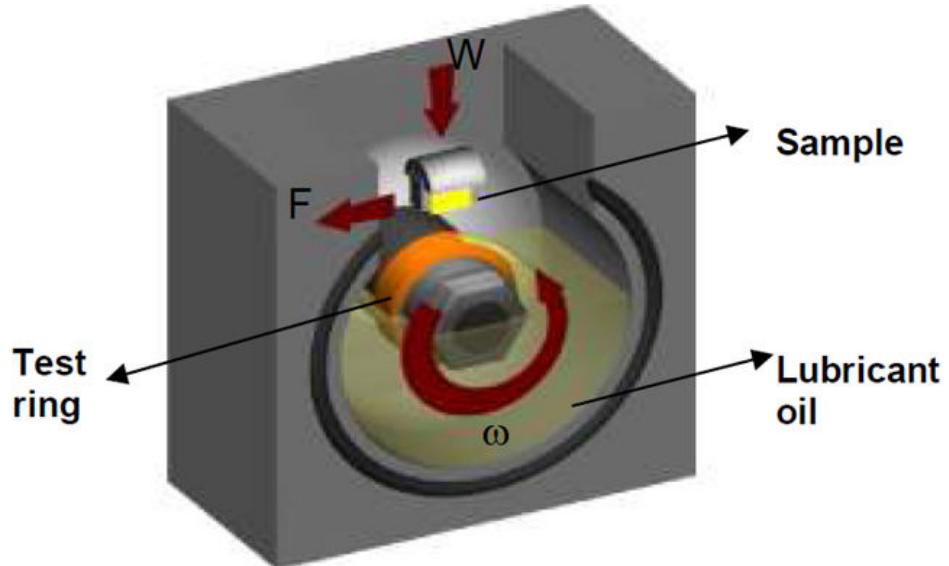


Fonte: UEHARA (2011)

Os testes de fadiga apresentaram a falha da bronzina com revestimento apenas no 5º teste considerando um carga extremamente pesada , enquanto que a convencional falhou no 2º teste. Todos os dados apresentados apontam para um melhora significativa de desempenho em todos os parâmetros avaliados por Uehara (2011).

Os testes de bancada foram feitos em dispositivo denominado BOR como ilustra figura 40

Figura 40:Esquema de ensaio BOR



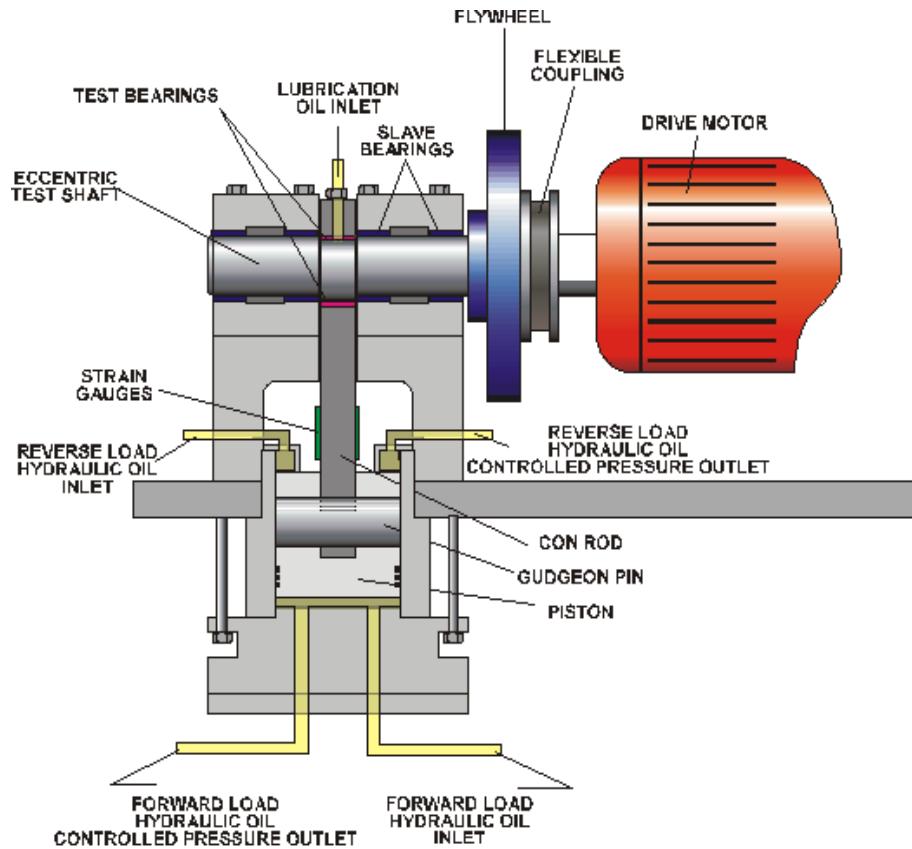
Fonte: UEHARA (2011)

sendo utilizados os seguintes parâmetros conforme tabela:

Testing Parameter	Value
Load	133.5 N
Duration	5000 cycles
Test Ring Speed	72 rpm
Test Ring Roughness	$0.08 \mu\text{m} < Ra < 0.12 \mu\text{m}$
Lubricant Oil	SAE 30
Oil Temperature	$120 \pm 3^\circ\text{C}$

Os testes de fadiga foram realizados com o equipamento ilustrado na figura 41 .

Figura 41:Esquema de ensaio fadiga



Fonte: UEHARA (2011)

E foram realizados conforme tabela.

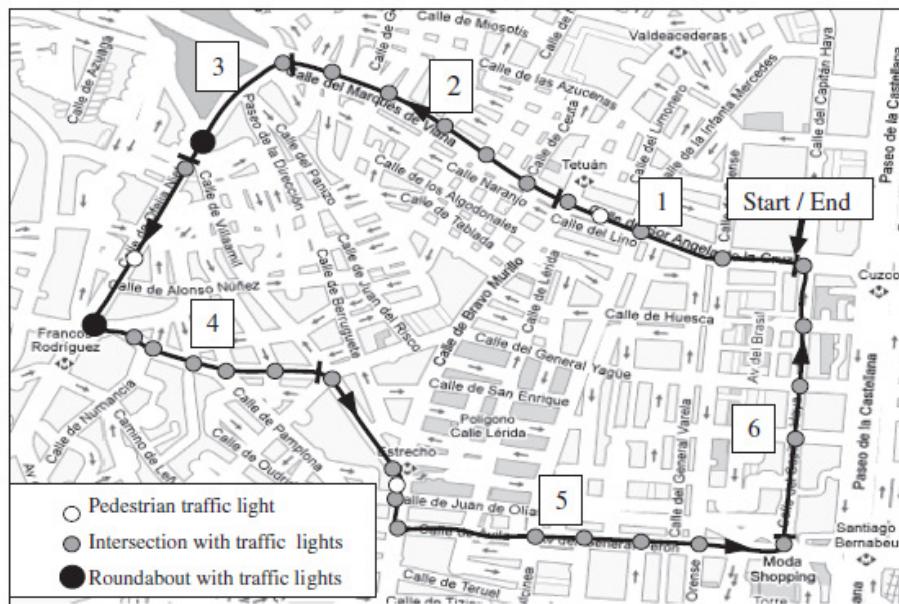
Shaft material	EN30B – Induction hardened
Speed	2690 rpm
Oil	Synthetic Oil (SAE 20)
Oil Temperature	110°C
Applied Load	83 MPa
Shaft Finishing	0.15 – 0.25 µm

Com base nos resultados conclui-se que a solução para aplicação de Start/Stop se adequa aos revestimentos apresentados.

4 APLICAÇÕES DO SISTEMA START /STOP

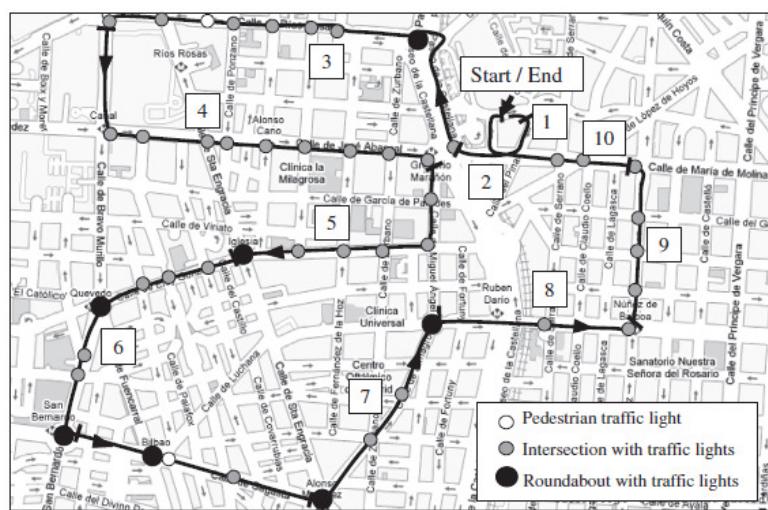
Segundo Fonseca; Casanova; Valdés (2011) foram realizados testes de rodagem com dois veículos Freeland Land Rover, um modelo 2009 convencional e outro 2010 com Start/Stop . Para este teste foram escolhidos dois circuitos: de Madri à Tetuan (figura 42) e de Madri à Chambre (figura 43).

Figura 42: Mapa da rota Madri à Tetuan



Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Figura 43:Mapa da rota Madri à Chambre

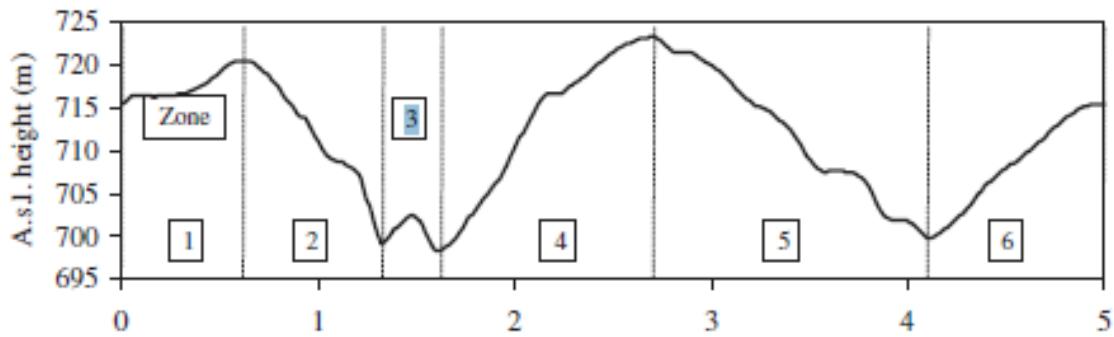


Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Ambos trajetos apresentam tráfego em ruas congestionadas , trânsito médio e leve.

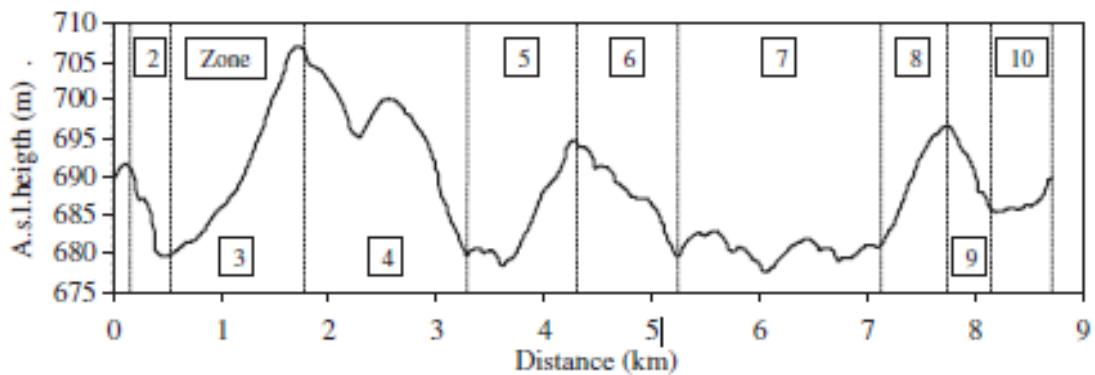
As topografias dos trajetos também foram levantadas nas figuras 44 e 45.

Figura 44:Topografia da rota Madri à Tetuan



Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Figura 45:Topografia da rota Madri à Chambre



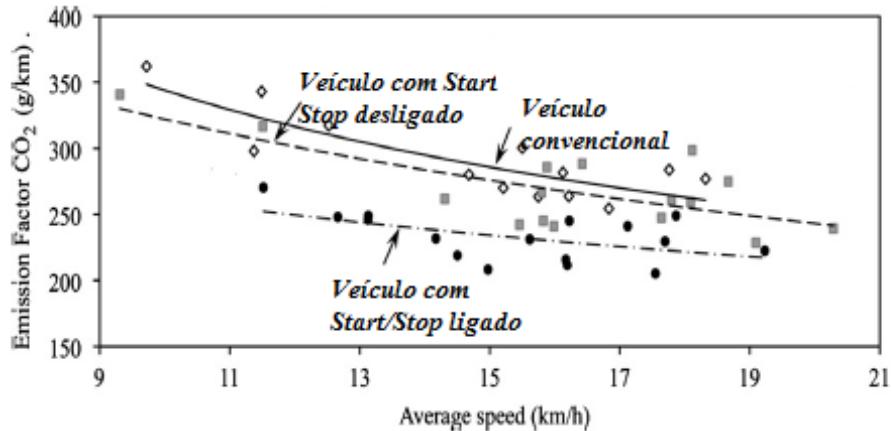
Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Para levantamento dos dados de emissões foram instalados em ambos veículos os sistemas portáteis de medição de emissões denominados MIVECO-PEMS e PGAMS. Os dois são capazes de medir a emissão de CO , HC e NOx , além de medir a velocidade do motor, a temperatura do motor e a temperatura atmosférica (Fonseca; Casanova; Valdés 2011).

Para manter o mesmo padrão de condução do veículo o mesmo condutor dirigiu ambos veículos obedecendo o mesmo padrão de condução conforme seu treinamento (Fonseca; Casanova; Valdés 2011).

O resultados obtidos são apresentados na figura 46.

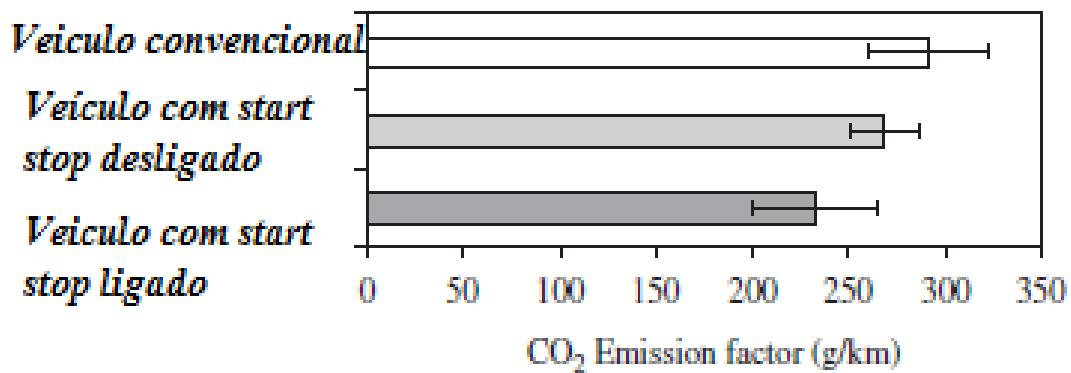
Figura 46:Gráfico de emissões de CO₂ x velocidade média



Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Com base na figura 46 pode-se observar uma ligeira redução de emissões de CO₂ comparando-se o veículo convencional ao veículo com Start/Stop desligado, e a significativa redução em emissões para o Start/Stop ligado. Pode-se observar melhor as diferenças na figura 47 (Fonseca; Casanova; Valdés 2011).

Figura 47:Gráfico comparativo de emissões de CO₂



Fonte: Fonseca; Casanova; Valdés (2011)

Observa-se a diferença considerável em relação a emissões de CO₂ , de aproximadamente 75g/km se comparado a um modelo convencional, e de 50g/km se comparado ao mesmo veículo com Start/Stop desligado(Fonseca; Casanova; Valdés 2011).

A partir desses resultados a redução média de consumo de combustível para o veículo com Start/Stop ligado ficou em 12% e estima-se que o veículo convencional poderia apresentar uma redução de 9% se tivesse o sistema Start/Stop , valor este estimado pelo consumo de combustível de acordo com a calibração do motor em marcha lenta.

5 CONCLUSÃO

Esta solução vem sendo difundida ao longo do mundo tudo, sobretudo na Europa e no Japão, se aproximando do mercado Americano e, por sua vez, em países emergentes como o Brasil.

Portanto é uma forte tendência para os próximos anos no mercado nacional , porém no cenário de hoje temos apenas um veículo com este sistema equipado de série , que se trata do Smart da Mercedes-Benz. Produto este que se adequa a um perfil de usuário mais específico por se tratar de um veículo de apenas dois lugares que tem custo médio de R\$ 49.990,00, o que corresponde a uma parcela muito pequena do mercado nacional atualmente.

Pode-se destacar que este sistema tende a se expandir ainda mais de acordo com a aproximação do pico de produção de petróleo, o que se ocorrerá, de acordo com a figura 1, por volta do ano de 2050. Este fenômeno tenderá a acelerar o desenvolvimento de tecnologias mais eficazes e limpas, como o sistema Start/Stop.

6 REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da Ciência**: Filosofia e Prática da Pesquisa. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 226 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: Apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

BOSCH LIVE– THE ARCHIVE. **The new Start/Stop system from Bosch reduces fuelconsumption and CO₂ emissions**. 2010. Disponível em <<http://rb-kwin.bosch.com/br/pt/powerconsumptionemissions/gasolinesystems/startstop.htm>> Acesso em 3 de janeiro de 2012.

BOSCH. **Função Start/Stop**. 2010. Disponível em <<http://www.rb-kwin.bosch.com/br/pt/powerconsumptionemissions/gasolinesystems/startstopfunction/index.html>> Acesso em 20 de janeiro de 2012.

FONSECA, N.; CASANOVA, J.; VALDÉS, M. Influence of the stop/start system on CO₂ emissions of a diesel vehicle in urban traffic. **Transportation Research Part D**, n. 16, 2011, p. 194-200.

ROCHA, G. **Sistema Start/Stop**. Outubro de 2010. Disponível em http://www.Documents and Settings\cliente\Meus documentos\norma\Funcionamento do startstop\Sistema Start-Stop InfoMotor_com_br.mht> Acesso em 20 de janeiro de 2012.

VALEO Automotive Technology, naturally. **Stop-Start Systems**. 2010. Disponível em <<http://www.valeo.com/innovation/shared/images/innovation/download/Stop-start%20systems-%20Ang.pdf>>> Acesso em 1 de janeiro de 2012.

UEHARA, Samantha. **New Polymeric Coated Engine Bearings for Marginal Lubrication**. Jundiaí: Sae, 2011. 9 p.

SILVA, Wanderlei Marinho da. **Electrical Systems**. São Caetano do Sul: Ct Mauá, 2011.

CONTINENTAL. **Catálogo de componentes elétricos**. Disponível em: <Alemanha>. Acesso em: 13 dez. 2010

JOHNSON CONTROLS. **Catálogo de bateria.** Disponível em: <Reino Unido>. Acesso em: 30 nov. 2011.

ASPO. **Pico de Hubert.** Disponível em: <Portugal>. Acesso em: 02 jan. 12.