



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JOÃO CARVALHO DE SANTANA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Novembro de 2013

JOÃO CARVALHO DE SANTANA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira.

Campina Grande, Paraíba
Novembro de 2013

JOÃO CARVALHO DE SANTANA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha futura esposa, que sempre me apoiaram, principalmente nos momentos de maior dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a deus por tudo de bom que acontece comigo e principalmente por ter me dado os pais maravilhosos que tenho.

Agradeço a meus pais, Manoel e Meire, por ter me proporcionado uma boa educação, por estarem sempre presentes e pelo apoio em momentos difíceis que foi de suma importância para que hoje eu esteja onde estou.

Agradeço também a Juliana Sardinha, meu grande amor, por toda sua dedicação, amor, compreensão e companheirismo que só vieram acrescentar para que cada dia eu me torne uma pessoa melhor.

Gostaria de agradecer também ao companheirismo de amizade dos mais novos amigos que adquiri nessa etapa da minha vida, são eles: Gilson, Jorge, Juliete, Júnior, Rebeca e Rienzy.

Agradeço também ao meu orientador, George Lira, pela compreensão e paciência, além do apoio, ajuda e orientação para a realização do Relatório de Estágio Integrado.

E por último, gostaria de agradecer a Baterias Moura com todos os seus colaboradores, e em especial Antônio Jr, Deborah, Denis, Renato e Victor, por ter me dado a oportunidade e o suporte além da confiança que me foi depositada para a realização de atividades de estágio.

*“ Espere o melhor,
prepare-se para o pior,
receba o que vier.”*

Provérbio Chinês.

RESUMO

O presente relatório é referente ao estágio integrado realizado entre os dias 22 de junho de 2013 e 29 de novembro de 2013 na empresa Acumuladores Moura S/A, situada na cidade de Belo Jardim-PE. Durante esses seis meses, o estágio foi realizado no setor Engenharia de Produto, onde foram desenvolvidas várias atividades, destacando-se basicamente duas: o Estudo da Aplicabilidade de Baterias Chumbo-Ácido em Sistema com Alternador Inteligente Assistida por BMS e o Estudo de Montabilidade e Melhoria de Capacidade de Bateias. O primeiro projeto visa a realização de um estudo para determinar o tipo de bateria se adequa melhor a esse novo alternador e qual tensão de recarga ótima deve ser imposta à baterias para que a mesma seja devidamente carregada e não sofra sobrecargas. O segundo tem como objetivo o estudo da montabilidade de algumas baterias que estavam com dificuldades de serem montadas, e para tanto foi realizado um estudo para definir o problema e solucioná-lo. Além disso, a Acumuladores Moura proporciona vários cursos em diversas áreas, como gerenciamento de projetos, programa 5S, curso de oratória. O estágio pôde mostrar como é estar no ambiente de uma empresa de médio porte, estar em contato com pessoas de diversas nacionalidades e, acima de tudo, pensar e agir como engenheiro, seja para a resolução de problemas ou na idealização de novos projetos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bateria Automotiva Moura. Fonte: www.moura.com.br	2
Figura 2: Baterias Tracionárias Moura. Fonte: www.moura.com.br	2
Figura 3: Baterias Estacionárias Moura Clean. Fonte: www.moura.com.br	2
Figura 4: Bateria Náutica Moura Boat. Fonte: www.moura.com.br	3
Figura 5: Acumuladores Moura S/A Matriz. Fonte: Catálogo Moura	3
Figura 6: Fábrica Itapetininga. Fonte: Catálogo Moura	4
Figura 7: Escritório Central (UN02). Fonte: Catálogo Moura	4
Figura 8: Reação de Descarga. Fonte: PEREIRA (2006)	7
Figura 9: Reação de Recarga. Fonte: PEREIRA (2006)	8
Figura 10: Circuito elétrico de várias placas ligadas em paralelo. Fonte: PEREIRA (2006)	8
Figura 11: Circuito Elétrico de várias Células ligadas em série. Fonte: PEREIRA (2006)	9
Figura 12: Elemento. Fonte: PEREIRA (2006)	9
Figura 13: Separador de Polietileno. Fonte: PEREIRA (2006)	10
Figura 14 Caixa de Polipropileno. Fonte: PEREIRA (2006)	10
Figura 15: Tampa de Polipropileno. Fonte: PEREIRA (2006)	10
Figura 16: Solda Intercell. Fonte: PEREIRA (2006)	11
Figura 17: Strap. Fonte: PEREIRA (2006)	11
Figura 18: Bateria Automotiva. Fonte: MOURA (2011)	11
Figura 19: Alternador. Fonte: SOEIRO (2011)	14
Figura 20: alternador desmembrado. Fonte: SOEIRO (2011)	14
Figura 21: Princípio de funcionamento de um alternador trifásico. Fonte: SOEIRO (2011)	16
Figura 22: Ponte Retificadora. Fonte: SOEIRO (2011)	17
Figura 23: <i>Application Specific Integrated Circuit</i> . Fonte: HAFFNER (2007)	18
Figura 24 Modos de Operação do EBS. Fonte: HAFFNER (2007)	19
Figura 25: Estrutura para determinação do SOC. Fonte ISKEN (2007)	20
Figura 26: IGC. Fonte: Bosch (2012)	21
Figura 27: Localização do alternador na configuração do motor: Fonte: KREMER (2011)	22
Figura 28: Layout das conexões do alternador. Fonte: KREMER (2011)	22
Figura 29: Status do Estado de Carga. Fonte: BALENA (2012)	23
Figura 30: Velocidade, Tensão e SOC em função do Tempo. Fonte: BALENA (2012)	24
Figura 31: Simulação IGC. Fonte: BALENA (2012)	25
Figura 32 Equipamentos para realização dos teste de Consumod e Água e Aceitação de Carga	26
Figura 33: Verificação do peso das grades Positiva de Negativa. Fonte: Moura	29
Figura 34: Faixas de peso para as placas Positivas e Negativas. Fonte: Próprio Autor	30
Figura 35: Placas pesadas e separadas por Faixa de Peso. Fonte: Moura	30
Figura 36: Placas já separadas no cavalete da Gestão de Protótipos. Fonte: Moura	30
Figura 37: Combinações de faixas de peso para placas positivas e negativas. Fonte: Próprio Autor	31
Figura 38: Posições de Medição de Espessura da Placa a) Positiva e b) Negativa. Fonte: Moura	35
Figura 39: Valores médios de Espessuras das Placas. Fonte: Próprio Autor	36
Figura 40: Peso e espessura por Amostra. Fonte: Próprio Autor	36
Figura 41: Peso e espessura por Amostra. Fonte: Próprio Autor	36
Figura 42: Peso e espessura por Amostra. Fonte: Próprio Autor	37
Figura 43: Peso e espessura por Amostra. Fonte: Próprio Autor	37
Figura 44: Comparativo Entre FNC-07/72 e FNC-07/75. Fonte: Próprio Autor	37
Figura 45: Espessura do Elemento. Fonte: Próprio Autor	38
Figura 46: Análise da Montabilidade da Bateria FI50EDHE2. Fonte: Próprio Autor	39
Figura 47: Análise da Montabilidade da Bateria FI45FDHE2. Fonte: Próprio Autor	39
Figura 48: Análise da Montabilidade da Bateria VW48FDHE2. Fonte: Próprio Autor	39
Figura 49: Resultado dos testes com Placa FNC-07/72 Ca SD	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura organizacional Grupo Moura	5
Tabela 2: Especificação de Corrente	19
Tabela 3: Especificação de Tensão.....	19
Tabela 4: Especificação e Temperatura	20
Tabela 5: Consumo de Água da Bateria Convencional	32
Tabela 6: Consumo de Água Bateria EFB.....	33
Tabela 7: Aceitação de Carga Bateria Convencional	33
Tabela 8: Aceitação de Carga Bateria EFB	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPI.....	Imposto sobre Produtos Industrializados
PP.....	Polipropileno
SAE.....	Society of Automotive Engineers
SOC.....	State of Charge
SLI.....	Start, Light, Ignition
EFB.....	Enhanced Flooded Battery
BMS.....	Battery Management System
EBS.....	Electronic Battery System
BSD.....	Battery State Detection
ASIC.....	Application Specific Integrated Circuit
A/D.....	Analogic/Digital
LIN.....	Local Interconnected Network
ECU.....	Electronic Control Unit
SOF.....	State of Function
IGC.....	Intelligent Generator Control
PPAP.....	Production Part Approval Process

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos do Estágio.....	1
1.2	A Empresa.....	1
1.2.1	Estrutura organizacional.....	4
2	Fundamentação Teórica.....	6
2.1	Baterias Automotivas.....	6
2.1.1	Princípio de Funcionamento.....	7
2.1.2	Componentes da Bateria.....	9
2.1.3	Características.....	12
2.1.4	Bateria SLI Versus Bateria EFB.....	13
2.2	Alternador.....	13
2.2.1	Conceitos Básicos.....	13
2.2.2	Principais componentes de um Alternador.....	15
2.2.2.1	Estatórotor.....	15
2.2.3	Princípio de Funcionamento.....	16
2.3	Battery Management System (BMS).....	17
2.3.1	Electronic Battery Sensor (EBS).....	18
2.3.2	Battery State Detection (BSD).....	20
2.4	Intelligent Generator Control (IGC).....	21
2.4.1	Considerações Iniciais.....	22
2.4.2	Princípio de Funcionamento do IGC.....	23
3	Atividades Desenvolvidas.....	26
3.1	Estudo da Aplicabilidade de Baterias Chumbo-Ácido em Sistema com Alternador Inteligente Assistida por BMS.....	26
3.1.1	Ensaio de Consumo de Água.....	27
3.1.2	Ensaio de Aceitação de carga.....	27
3.2	Estudo de montabilidade e Melhoria de Capacidade de baterias.....	28
3.2.1	Confecção das placas.....	28
3.2.2	Divisão das placas em faixas de peso.....	29
3.2.3	Combinações de Faixas de Peso Para Montagem da Bateria.....	30
3.3	Auxílio nas atividades rotineiras realizadas com as montadoras.....	31
4	Resultados das Atividades.....	32
4.1	Resultados Da Aplicabilidade ao Alternador Inteligente.....	32
4.2	Resultado da Montabilidade.....	35
4.2.1	Análise dos Resultados.....	38
5	Conclusão.....	41
	Bibliografia.....	42

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado visando apresentar as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado na empresa Acumuladores Moura S/A, no setor de Engenharia de Produto, entre os dias 03 de agosto de 2013 e 29 de Novembro de 2013.

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio integrado na empresa Acumuladores Moura S/A teve por objetivos principais:

- Desenvolvimento de Produtos para o mercado de Montadoras;
- Elaborar relatórios técnicos;
- Auxiliar nas atividades rotineiras realizadas com as montadoras.

1.2 A EMPRESA

A Acumuladores Moura S/A é uma empresa atuante no mercado de baterias automotivas, tracionárias, estacionárias e náuticas. Com uma capacidade de produção anual de aproximadamente sete milhões de baterias, e um quadro de colaboradores de aproximadamente 3.000 pessoas, é a principal fornecedora para a frota de veículos em circulação no Brasil e na América do Sul. Possui seis plantas industriais e mais de 65 centros de distribuição comercial no Brasil, além de distribuidores independentes que atendem toda a região do MERCOSUL e parte do continente europeu.

As principais montadoras de automóveis com fábricas no Brasil utilizam baterias Moura como produto original dos veículos, dentre elas, Ford, Fiat, GM e VW.

Além de uma linha ampla de modelos para uso automotivo (Figura 1), a Moura também dispõe de baterias para fins específicos, como as baterias estacionárias, tracionárias, náuticas e para motocicletas. As baterias tracionárias (Figura 2) tem a característica de oferecer uma alta performance nas mais severas condições de uso,

especialmente a resultante de operações em pisos irregulares e em temperaturas extremas. Baterias estacionárias (Figura 3) são utilizadas em sistemas como no-breaks, telecomunicações e sistemas de energias renováveis, como a solar e a eólica. A bateria náutica (Figura 4), como o próprio nome sugere, é especial para o uso em embarcações. A bateria para motocicleta, ou VRLA (*Valve regulated lead-acid battery*), é especial para este tipo de veículo por poder ser instalada em qualquer posição sem que haja danos ao material ativo da mesma, ou até mesmo, vazamento do eletrólito.



Figura 1: Bateria Automotiva Moura. Fonte: www.moura.com.br



Figura 2: Baterias Tracionárias Moura. Fonte: www.moura.com.br



Figura 3: Baterias Estacionárias Moura Clean. Fonte: www.moura.com.br

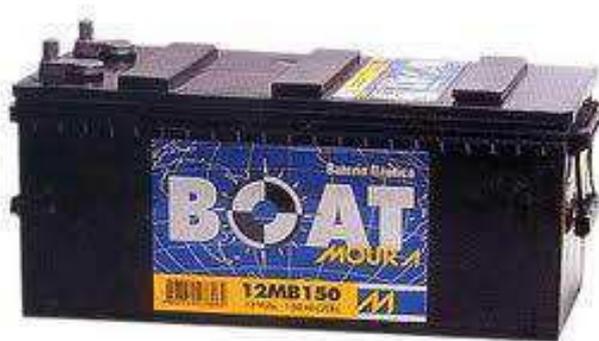


Figura 4: Bateria Náutica Moura Boat. Fonte: www.moura.com.br

A história da Acumuladores Moura S/A tem seu início no quintal de uma casa de Belo Jardim, localizada no estado de Pernambuco (a 185 km do Recife), no Brasil. E ali, no meio do agreste pernambucano, numa região castigada pela falta de incentivo, e onde, ironicamente, só havia um carro, nasceu à fábrica Baterias Moura, em 1957. Resultado do pioneirismo e empenho do químico industrial Edson Mororó Moura, falecido no ano de 2009, hoje a Moura possui seis fábricas (04 em Belo Jardim/PE, 01 em Itapetininga/SP e 01 em Buenos Aires - Argentina), um escritório central localizado em Jaboatão dos Guararapes/PE, uma unidade de assistência às montadoras em Belo Horizonte/MG, e mais de 65 unidades de distribuição comercial no Brasil.

São apresentadas nas Figuras 5, 6 e 7, respectivamente, a Acumuladores Moura S/A matriz, situada em Belo Jardim – PE; A planta industrial situada em Itapetininga – SP; e o escritório central, situado em Jaboatão dos Guararapes – PE.



Figura 5: Acumuladores Moura S/A Matriz. Fonte: Catálogo Moura

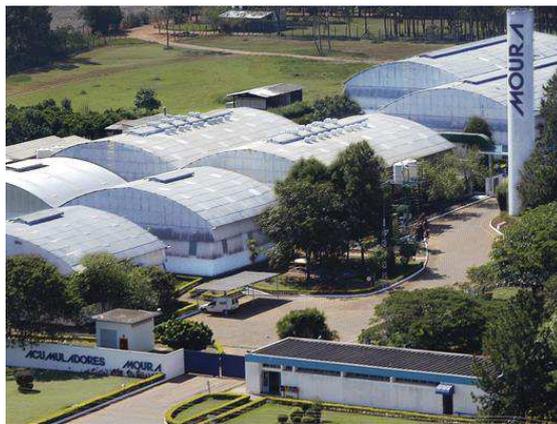


Figura 6: Fábrica Itapetininga. Fonte: Catálogo Moura



Figura 7: Escritório Central (UN02). Fonte: Catálogo Moura

1.2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A Moura encontra-se dividida em unidades localizadas no Brasil e na Argentina, conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Estrutura organizacional Grupo Moura

UNIDADE	PRODUTOS	LOCALIZAÇÃO
UN01 – Acumuladores Moura Matriz	Baterias cruas para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição.	Belo Jardim – PE
UN02 – Unidade Administrativa	Centro Administrativo	Jaboatão dos Guararapes - PE
UN03 – Depósito Fiat e IVECO	Baterias para Fiat e IVECO em MG.	Betim - MG
UN04 – Metalúrgica	Reciclagem de baterias e ligas de chumbo.	Belo Jardim – PE
UN05 – Indústria de Plástico	Caixas e Tampas para baterias.	Belo Jardim – PE
UN06 – Formação e Acabamento	Baterias para montadoras brasileiras.	Itapetininga - SP
BASA – Depósito Argentina	Baterias para montadoras e reposição na Argentina.	Buenos Aires - Argentina
UN08 – Moura Baterias Industriais	Baterias Tracionairas.	Belo Jardim – PE

A Unidade 01 (Matriz – UN-01), onde o presente estágio foi desenvolvido, tem cerca de 900 funcionários que, na maioria dos setores, trabalham em três turnos na produção de baterias e em horário comercial nas áreas de Apoio Industrial. Na UN-01 são montadas, formadas e acabadas baterias automotivas, náuticas e estacionárias, estas vão para parte do mercado de reposição nacional e internacional e para a Fiat e Ford Argentina.

Esta unidade é dividida basicamente em duas partes: área fabril e áreas de apoio administrativo. A área fabril é subdividida nas seguintes Unidades Gerenciais Básicas (UGB's):

- UGB-01 – Moinho, fundição, empastamento e cura/secagem;
- UGB's-02 e 03 – Montagem das baterias;
- UGB-04 – Formação e acabamento das baterias.

A área de apoio engloba setores como Engenharia, Logística e toda a parte Administrativa e Financeira da unidade.

O estágio descrito neste relatório foi realizado integralmente na Engenharia de Produto, responsável pelo desenvolvimento de produtos para o mercado de montadoras e reposição, assistência técnica de apoio e serviços ao cliente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer desta seção serão apresentadas algumas fundamentações teóricas que servirão como base para o melhor entendimento acerca das atividades realizadas.

2.1 BATERIAS AUTOMOTIVAS

A Bateria Automotiva é tipicamente um aparato eletroquímico a base de Chumbo e Ácido Sulfúrico convertendo energia elétrica em química e vice-versa.

A bateria automotiva é usada no veículo como principal fonte de energia elétrica para proporcionar a partida do motor de combustão do mesmo, permitir o uso de lâmpada para iluminação no veículo durante certo período de tempo, permitir o uso de acessórios do veículo quando o mesmo não está em funcionamento, funcionar como filtro elétrico das tensões de flutuação geradas pelo alternador e alimentar os dispositivos que fazem uso de memória dinâmica para manter os dados do sistema elétrico do veículo quando o mesmo não está em funcionamento (módulo de injeção eletrônica, alarmes, etc.). Além disso, a bateria pode ser utilizada para alimentar todas as cargas elétricas do carro por um determinado tempo em ocasiões em que o alternador apresenta problemas. (PEREIRA, 2006, p. 5)

A conversão de energia química em energia elétrica, como ocorre nas baterias, é um dos processos mais eficientes de conversão de energia, sendo mais eficiente que o processo de conversão de energia química em energia mecânica, por exemplo, pela combustão de gasolina em um motor.

2.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A bateria de Chumbo-Ácido é um dispositivo que armazena energia elétrica em forma de energia química convertendo-a novamente em energia elétrica quando conectada a um circuito elétrico externo (PEREIRA, 2006, p. 8).

Uma bateria automotiva de chumbo-ácido é composta por seis células secundárias ligadas em série. Cada uma destas células possuem elementos que propiciam essa conversão de energia, como os eletrodos de dióxido de chumbo (PbO_2), eletrodos de chumbo metálico (Pb), eletrólito de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), separadores de polietileno, terminais externos de chumbo e caixa e tampa de polipropileno.

Sabe-se que o dióxido de chumbo (PbO_2) tem grande tendência a receber elétrons, enquanto o chumbo metálico tende a doar elétrons. Assim, se colocarmos o chumbo metálico em contato com o dióxido de chumbo e estabelecermos condições para que os elétrons possam caminhar de um para o outro, a transferência de elétrons do chumbo para o dióxido de chumbo se dará com extrema facilidade.

A reação que ocorre, na descarga dentro de uma bateria é chamada de dupla sulfatação, como apresentado na Figura 8 e 9. Ela é chamada assim por que os dois eletrodos tendem a se transformar em Sulfato de Chumbo (PbSO_4) como mostrado a seguir.

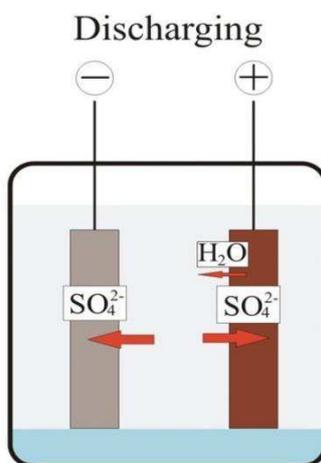
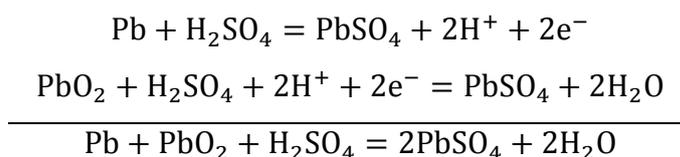


Figura 8: Reação de Descarga. Fonte: PEREIRA (2006)

Na recarga da bateria ocorre o caminho reverso. O eletrodo positivo volta a ser composto de dióxido de chumbo enquanto o negativo volta a ser chumbo metálico.

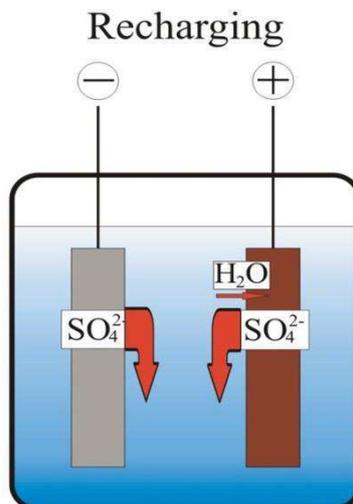


Figura 9: Reação de Recarga. Fonte: PEREIRA (2006)

A configuração mais simples para uma bateria seria a de uma placa positiva e outra negativa, separadas por um separador poroso imerso em uma solução de ácido sulfúrico. Essa configuração apresenta uma diferença de potencial de cerca de dois volts. Essa tensão é função principal da densidade da solução de ácido sulfúrico absorvida nas placas.

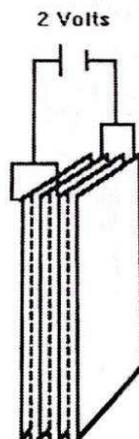


Figura 10: Circuito elétrico de várias placas ligadas em paralelo. Fonte: PEREIRA (2006)

Ao aumentar a quantidade de placas eleva-se a quantidade de material ativo, e a capacidade da bateria é função principal da quantidade de material ativo. A união de vários pares forma o elemento, como apresentado na Figura 10. E colocando 6 elementos em série alcançamos a tensão nominal da bateria, que é de 12V.

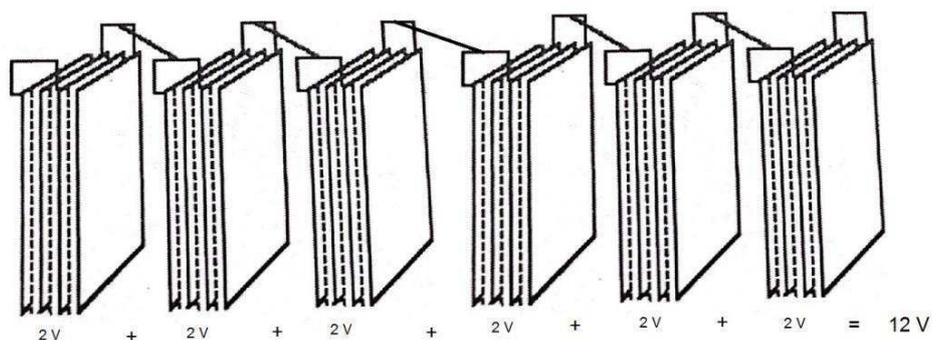


Figura 11: Circuito Elétrico de várias Células ligadas em série. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2 COMPONENTES DA BATERIA

A bateria automotiva é composta por diversos componentes e cada um deles tem sua função dentro da bateria, seguem os principais.

2.1.2.1 ELEMENTO

O elemento, como apresentado na Figura 12, é um conjunto de placas positivas e negativas conectadas em paralelo entre si e intercaladas do separador.

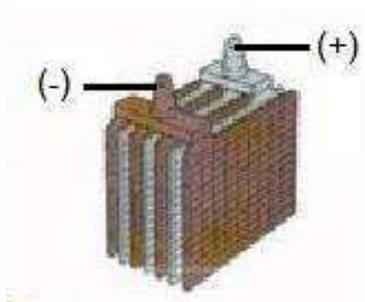


Figura 12: Elemento. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2.2 SEPARADOR

O separador tem por função principal evitar curto-circuito entre placas adjacentes. Além disso, elas servem para reter o material ativo que tende a se desprender da grade e permite o fluxo iônico e de eletrólito por ser micro poroso. É apresentado na Figura 13, uma foto de um separador.



Figura 13: Separador de Polietileno. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2.3 CAIXA

As caixas são feitas de Polipropileno (PP). Elas possuem seis células onde armazenam os elementos e o eletrólito, como mostrado na Figura 14. Cada célula armazena apenas um único elemento.

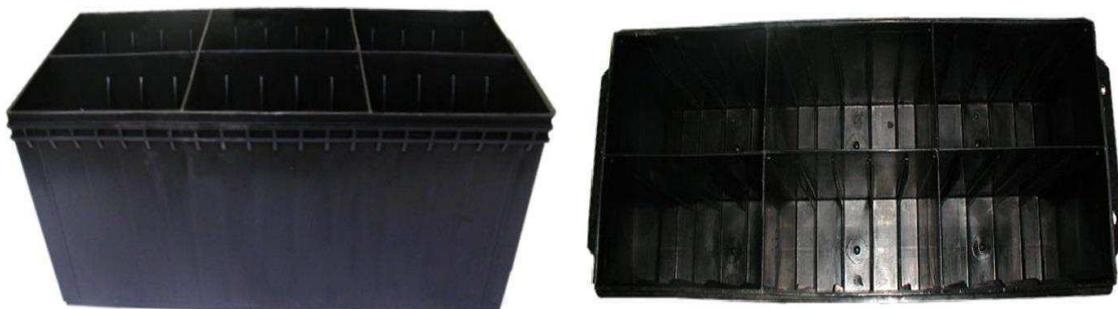


Figura 14: Caixa de Polipropileno. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2.4 TAMPA

É apresentado na Figura 15, uma tampa é confeccionada com o mesmo material da caixa. Ela possui orifícios para inspeção visual do interior da bateria e para solda dos postes terminais.



Figura 15: Tampa de Polipropileno. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2.5 SOLDA INTERCELL

Intercell é uma solda a base de chumbo e estanho que interliga os seis elementos da bateria em série, como mostrado na Figura 16.



Figura 16: Solda Intercell. Fonte: PEREIRA (2006)

2.1.2.6 STRAPS

Tem a mesma liga da Intercell e é responsável pela união, em paralelo, das placas de mesma polaridade como apresentado na Figura 17.



Figura 17: Strap. Fonte: PEREIRA (2006)

Com a união de todos estes componentes é obtida a bateria automotiva como mostrado na Figura 18.



Figura 18: Bateria Automotiva. Fonte: MOURA (2011)

2.1.3 CARACTERÍSTICAS

As características da bateria irão depender da aplicação a que ela se destina. Existem especificações que descrevem suas características desejáveis. Em geral, uma bateria de chumbo-ácido para aplicação automotiva, que é o caso deste trabalho, deve possuir as seguintes características:

- Ser capaz de fornecer correntes elétricas elevadas por vários segundos e repetidas vezes;
- Possuir carga armazenada, suficiente para manter em funcionamento aparelhos elétricos de baixo consumo por vários dias e manter o veículo funcionando por várias horas, em caso de pane no alternador;
- Ser capaz de sofrer diversos ciclos de carga e descarga;
- Sofrer baixa taxa de descarga durante armazenagem;
- Poder ser recarregada rapidamente após elevada descarga;
- Requerer baixa ou nenhuma manutenção;
- Poder operar em diversas temperaturas;
- Não deve representar fonte potencial de risco;
- Poder resistir a fortes vibrações.

Além dessas características, existem outras propriedades de grande importância para a aplicação da mesma dentro do âmbito automotivo. Essas propriedades são de suma importância no projeto de uma bateria, são elas:

- Capacidade nominal (Ah) – É a medida de energia fornecida pela bateria em um regime de 20 horas a uma corrente constante até que a tensão dos pólos da bateria atinja 10,5V;
- Alta Descarga a Frio – Segundo a norma Americana SAE, a bateria deve ser descarregada a uma corrente preestabelecida a -18°C até que as tensões nos terminais da bateria atinja o valor de 7,2V. O tempo de descarga não deve ser menor que 30 segundos;
- Reserva de Capacidade – É o tempo que a bateria consegue fornecer 25 amperes a 25°C ;

- Estado de Carga (State of Charge – SOC) – É a razão entre a capacidade real da bateria e a capacidade nominal na mesma e é expressa em porcentagem.

2.1.4 BATERIA SLI VERSUS BATERIA EFB

A bateria convencional ou SLI (*Start, Light, Ignition*) e a bateria EFB (*Enhanced Flooded Battery*) são basicamente compostas pelos mesmos materiais. A grande diferença entre essas duas baterias está basicamente no processo de fabricação das mesmas. Pode-se dizer que a bateria EFB passa por um processo mais bem elaborado, portanto, mais caro que a convencional.

A primeira diferença está na formulação da massa que vai com o material ativo e é empastado nas grades. Tanto as concentrações de aditivos quanto a ordem em que os mesmos são colocados para fazer a mistura são diferentes. Na parte da montagem da bateria, a pressão sofrida pelas placas na bateria EFB é maior do que a convencional, fazendo assim com que haja menos queda de material ativo durante sua vida útil. Por último, na formação da bateria EFB frente a convencional, tem-se que a mesma é formada com ácido de alta fusão enquanto a SLI é formada com ácido reciclado.

2.2 ALTERNADOR

Na seção que segue, serão feitas considerações acerca do equipamento responsável por manter todas as cargas do veículo, além de recarregar a bateria: o Alternador.

2.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

O alternador é um gerador elétrico fisicamente acoplado ao motor a combustão com o intuito de converter energia mecânica em energia elétrica para as cargas eletroeletrônicas do veículo quando o mesmo estiver com seu motor em funcionamento (SOEIRO, 2011, p. 18). Além disso, deve proporcionar um balanço energético compensado, gerando energia para todas as cargas do veículo. É mostrado na Figura 19 o desenho de um alternador.

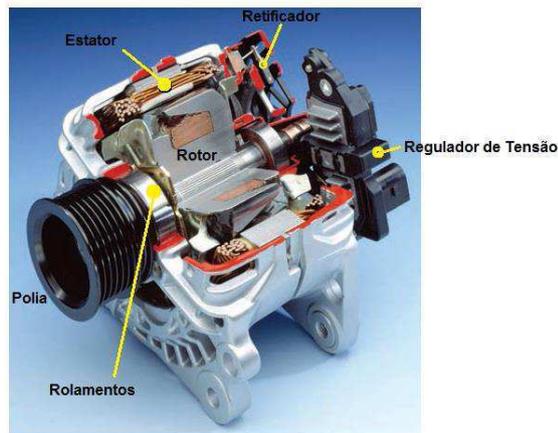


Figura 19: Alternador. Fonte: SOEIRO (2011)

Um alternador instalado em um veículo apresentar as seguintes características:

- Alimentar todos os consumidores ligados em corrente contínua;
- Reservar uma potência adicional para carga e recarga da bateria, mesmo com a demanda máxima de energia do veículo;
- Manter a tensão do alternador constante em toda a faixa de rotação do motor do veículo independentemente da carga total acionada;
- Apresentar peso reduzido;
- Ter baixo ruído;
- Apresentar alto grau de eficiência.

Pode ser visto na Figura 20 todos os componentes do alternador separadamente.

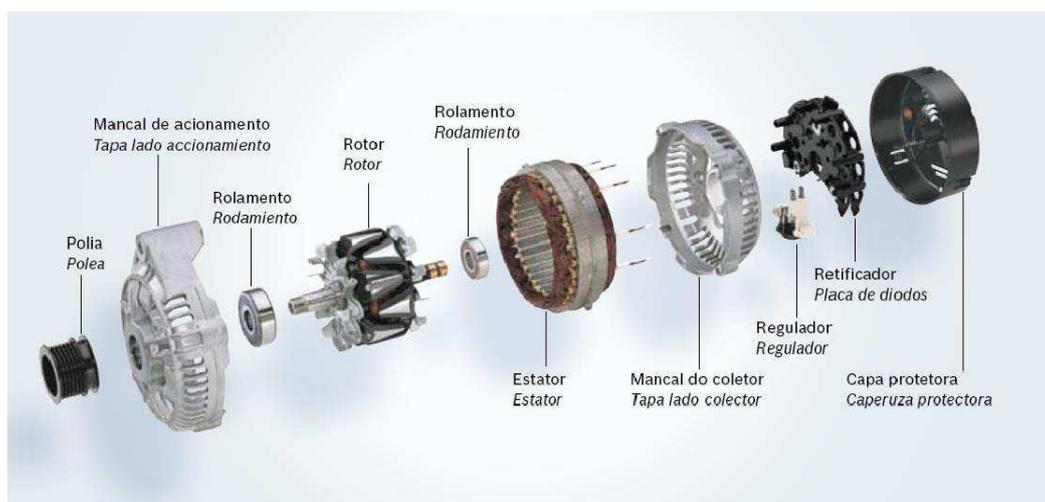


Figura 20: alternador desmembrado. Fonte: SOEIRO (2011)

2.2.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM ALTERNADOR

Os três principais componentes de um alternador são: estator, rotor e regulador de tensão.

2.2.2.1 ESTATOR

É no estator que é produzida a corrente elétrica a ser fornecida para as cargas no veículo. É onde se encontram as bobinas de fios de cobre que são fixadas sobre um núcleo constituído de aço. As bobinas do estator são construídas de forma a aproveitar ao máximo a produção de corrente. Elas são isoladas entre si e cobertas por verniz especial, para resistir às mais altas temperaturas e entrada de resíduos. A corrente elétrica é induzida pelo campo magnético, agindo nos enrolamentos do estator.

Como a alimentação das cargas é feita em corrente contínua e a corrente que é gerada no alternador é alternada, faz-se necessário o uso de um retificador nos terminais do estator.

2.2.2.2 ROTOR

O rotor é constituído sobre um eixo de aço e possui em seu interior uma bobina de cobre fixada no seu eixo que é envolvida por um par de rodas polares. No momento em que a chave de ignição é ligada, o rotor, através de um coletor, recebe da bateria a tensão que dará origem a uma corrente elétrica nos fios da bobina. “Essa corrente, por sua vez, produzirá um campo magnético potencializado pela construção das garras polares em aço.” (SOEIRO, 2011, p20). Esse campo magnético induzirá uma tensão elétrica no estator do alternador (conforme a Lei de Lenz).

A depender da necessidade de corrente elétrica de cada aplicação, a quantidade de espiras e o diâmetro dos fios da bobina podem variar, já que são essas características que definem a potência.

2.2.2.3 REGULADOR DE TENSÃO

O regulador monitora os níveis de tensão e corrente através dos contatos das escovas de carvão com o coletor. Desse modo, o regulador irá adequar os níveis de corrente e tensão às condições ideais de funcionamento (SOEIRO, 2011, p. 21).

2.2.3 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio básico de funcionamento de um alternador trifásico pode ser evidenciado na Figura 21, onde se observa que uma indução eletromagnética é causada pela rotação de um material magnético dentro de enrolamentos estacionários.

Segundo Meyer (2003, p. 26) “uma corrente trifásica é gerada pela rotação do rotor, formado por três enrolamentos idênticos defasados de 120° , em um campo magnético.”. Nesse aspecto, uma grande vantagem de se ter um alternador trifásico está no uso mais eficiente do gerador elétrico.

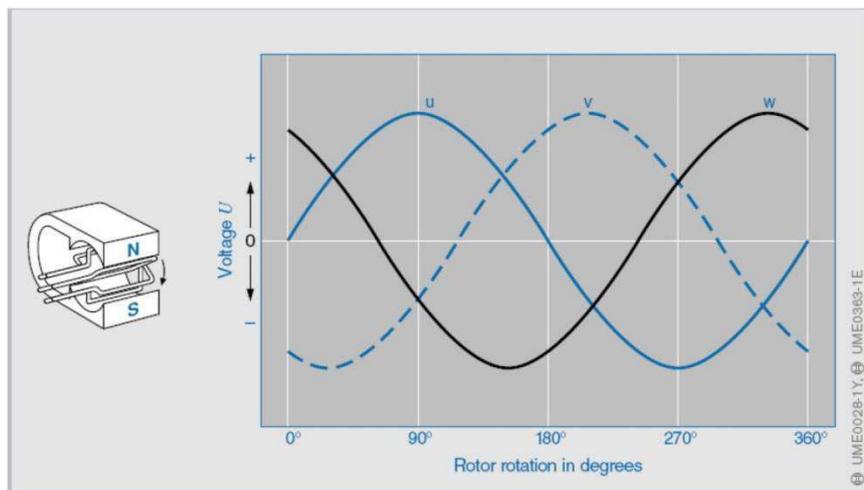


Figura 21: Princípio de funcionamento de um alternador trifásico. Fonte: SOEIRO (2011)

De acordo com a lei da indução eletromagnética, quando o rotor gira em um campo magnético, uma tensão senoidal é gerada em cada um dos três enrolamentos. Essas tensões são da mesma magnitude e frequência, assim, a única diferença é que são defasadas de 120° uma das outras. Portanto, com o motor girando, o alternador gera uma tensão alternada trifásica.

Normalmente, com os enrolamentos não conectados, o alternador exigiria seis enrolamentos de saída para a energia elétrica gerada. Entretanto, interconectando os três circuitos, o número de enrolamentos pode ser reduzido de seis para três, assim, a depender das ligações efetivadas, é possível ter conexões em “estrela” ou em “delta”.

No caso da ligação em estrela, o final dos três enrolamentos de fase são unidos em um único ponto. Sem um condutor de neutro, a soma das três correntes em qualquer instante é sempre zero.

Para alternadores utilizados em automóveis, o sistema de ligação trifásica, é feito na parte estacionária da máquina de modo que o enrolamento é geralmente referido como o enrolamento do estator (SOEIRO, 2011, p. 23),.

Os pólos do eletroímã, criado pelo enrolamento de excitação estão situados no rotor. Quando o rotor gira, o campo magnético induz uma tensão trifásica alternada no enrolamento do estator fornecendo corrente trifásica para a saída do alternador.

A corrente trifásica alternada gerada pelo alternador não pode ser armazenada diretamente pela bateria e nem ser utilizada como alimentação para as cargas do veículo, ela precisa ser retificada e, para isso, é utilizada uma ponte retificadora, usando seis diodos. Na Figura 22 é mostrado um exemplo de ponte retificadora utilizando quatro diodos.

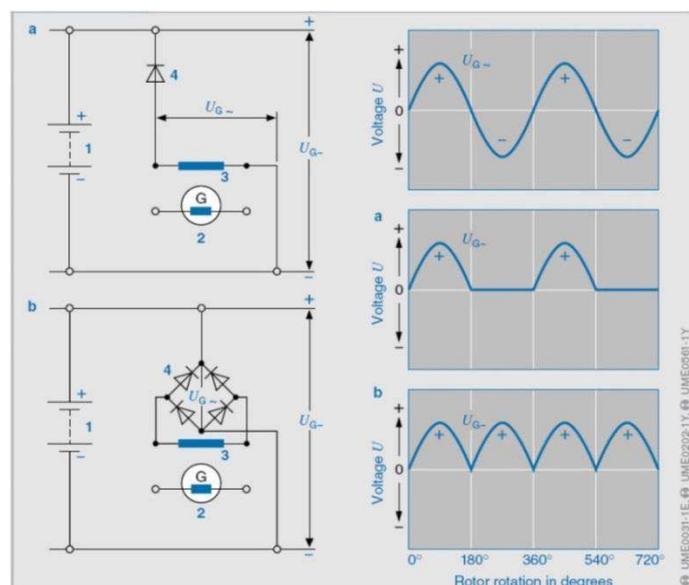


Figura 22: Ponte Retificadora. Fonte: SOEIRO (2011)

2.3 BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)

O Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS) é qualquer sistema eletrônico que gerencia uma bateria recarregável, seja o pacote como um todo ou somente a célula. Dessa forma, o BMS é capaz de proteger a bateria contra o mau uso. O BMS dá condições ao usuário, através do envio de dados para um computador central, de saber quando a bateria não está operando em uma Área de Operação Segura, e assim tentar recondiçioná-la sem que sofra nenhum dano.

O BMS estudado no presente trabalho é composto por dois dispositivos, o Electronic Battery Sensor (EBS) e o Battery State Detection (BSD). Cada um tem sua

função e trabalhando em conjunto são capazes de prover os dados que são do escopo de um BMS.

2.3.1 ELECTRONIC BATTERY SENSOR (EBS)

O EBS adquire com precisão as variáveis físicas da bateria, tais como corrente, tensão e temperatura, a uma alta taxa de amostragem (HAFFNER, 2007, p. 3). Para a medição e processamento dos sinais medidos, é usado um Circuito Integrado de Aplicação Específica (*Application Specific Integrated Circuit - ASIC*), como apresentado na Figura 23.

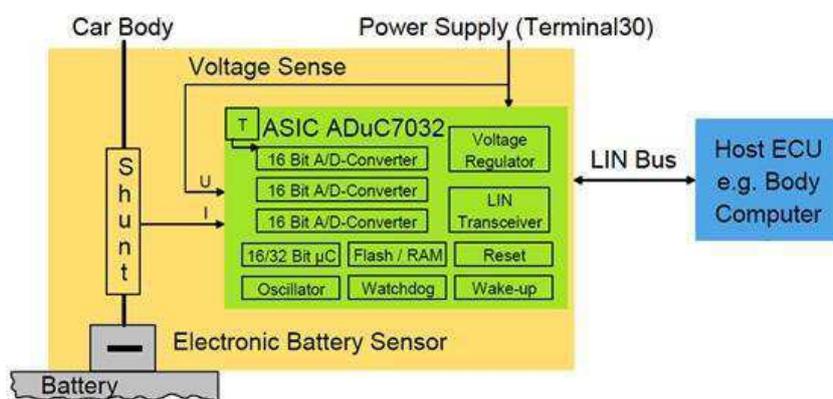


Figura 23: *Application Specific Integrated Circuit*. Fonte: HAFFNER (2007)

Este ASIC contém três conversores A/D (entre outros elementos que auxiliam em suas funções) que capturam e digitalizam as grandezas da bateria, tais como corrente, tensão e temperatura. Os valores digitais são processados e transmitidos, via LIN (*Local Interconnected Network*), para uma Unidade de Controle (ECU) e posteriormente para o BSD, que se encarrega de mostrar os dados na interface de saída.

Com a finalidade de diminuir o consumo de energia, o EBS pode operar em três modos, modo LIN, modo de monitoramento e modo de espera. Isso acontece visando que o EBS não esteja sempre demandando uma corrente significativa da bateria.

No modo LIN há comunicação contínua entre o ECU e o EBS. O EBS mede tensão, corrente e temperatura, e após o término da comunicação, o EBS migra para o modo de monitoramento.

No modo de Monitoramento, o EBS também mede tensão, corrente e temperatura. Não há comunicação LIN, mas o EBS é capaz de despertar o LIN com

base nas condições específicas do cliente. Da mesma forma acontece para migrar para o modo de espera. O consumo de corrente típico no modo de monitoramento é de 15 mA.

No modo de Espera o EBS não faz quaisquer medições ou cálculos. Não há comunicação LIN. O consumo típico de corrente neste modo é de 175 μ A. Depois de 60 segundos o EBS vai para o modo de monitoramento. Esse tempo pode variar dependendo da aplicação. Ele também pode ir diretamente para o modo LIN caso obedeça algumas condições. O esquema de operação do EBS pode ser observado na Figura 24.

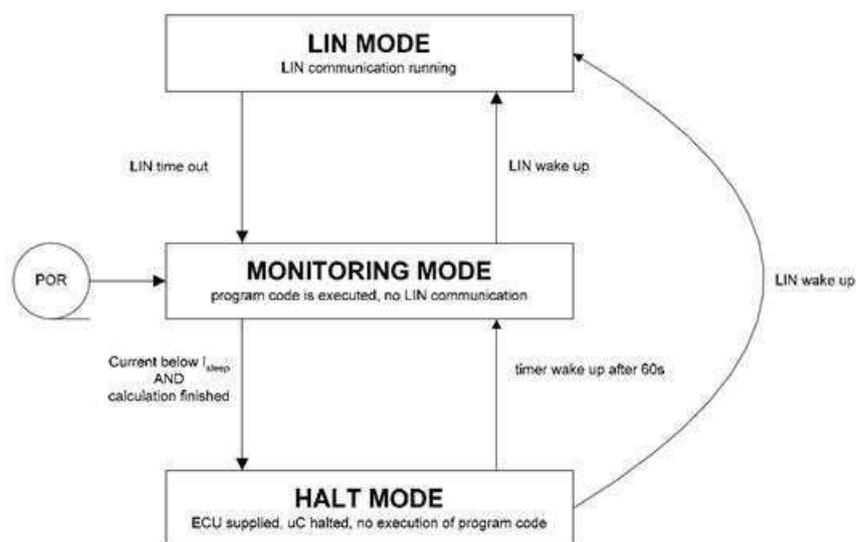


Figura 24: Modos de Operação do EBS. Fonte: HAFFNER (2007)

Para cada grandeza o EBS tem suas especificações referentes à Faixa de Medição, Resolução, *Offset*, Precisão e Taxa de Atualização. São apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4 essas especificações.

Tabela 2: Especificação de Corrente

Faixa de Medição	± 1 A	± 200 A	± 200 A
Resolução	1 mA	10 mA	100 mA
Offset	± 10 mA (typ. ± 5 mA)	± 50 mA	± 400 mA
Precisão	$\pm 0.5\%$ (typ. $\pm 0.25\%$)	$\pm 1\%$ (typ. $\pm 0.5\%$)	$\pm 2\%$ (typ. $\pm 1\%$)
Taxa de Atualização	200 Hz	200 Hz	200 Hz
Ruído	10 mApp	50 mApp	2 App (typ. 1 App)

Fonte: HAFFNER (2007)

Tabela 3: Especificação de Tensão

Faixa de Medição	5 V ... 18 V
Resolução	1 mV
Offset	± 5 mV (typ. ± 3 mV)
Precisão	$\pm 0.2\%$ (typ. $\pm 0.1\%$)
Taxa de Atualização	200 Hz
Ruído	5 mVpp (typ. 4 mVpp)

Fonte: HAFFNER (2007)

Tabela 4: Especificação e Temperatura

Faixa de Medição	$-20^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C} \dots +105^{\circ}\text{C}$
Resolução	0,5 K	0,5 K
Precisão	± 3 K	± 4 K
Taxa de Atualização	10 Hz	10 Hz

Fonte: HAFFNER (2007)

2.3.2 BATTERY STATE DETECTION (BSD)

A principal função do Detector de Estado da Bateria (BSD) é coletar os dados de Corrente, Tensão e Temperatura do EBS e interpretar esses dados com a finalidade de informar ao usuário algumas das características da bateria. O BSD então é responsável por fornecer o Estado de Carga, Capacidade de Performance, Grau de Envelhecimento entre outros. É apresentado no Figura 25 um diagrama para a determinação do estado de carga.



Figura 25: Estrutura para determinação do SOC. Fonte ISKEN (2007)

As variáveis que o BSD é capaz de fornecer são muito importantes tanto na manutenção do bom funcionamento da bateria quanto no auxílio para o Alternador Inteligente. São elas:

- Corrente, Temperatura e Tensão;
- *State of Charge* – SOC

- SOF_Q – Capacidade, em Ah, que pode ser entregue pela bateria em condições reais;
- SOF_V – Calcula a queda de tensão da próxima partida do motor e verifica se vai ser possível partir o mesmo.
- SOH_P – Relação do máximo CCA da bateria no estado atual com o de uma nova.
- SOH_Q – Relação entre o C20 da bateria no estado atual com o de uma nova.
- SOF_t: Indica o tempo que a bateria consegue fornecer energia até que o limite da capacidade de arranque seja alcançado.
- SOC+: Estado de carga levando em conta o envelhecimento.

Vale ressaltar que é muito importante levar em consideração o envelhecimento da bateria, pois caso contrário, quando o BSD fosse calcular o SOC da bateria depois de um determinado tempo ela não mais chegaria aos seus 100%, mesmo estando na sua capacidade máxima real. O usuário poderia entender isso como um defeito e poderia procurar a assistência técnica desnecessariamente. Quando é levado em conta o envelhecimento, a capacidade máxima real da bateria é interpretada pelo BSD como sendo 100% mesmo que ela não atinja a capacidade nominal dela de recém-formada.

2.4 INTELLIGENT GENERATOR CONTROL (IGC)

O IGC, apresentado na Figura 26, é o dispositivo chave no estudo da aplicabilidade de baterias para o Alternador Inteligente. Entende-se por Alternador Inteligente como sendo a união de um alternador de alta eficiência com o *Intelligent Generator Control*.



Figura 26: IGC. Fonte: Bosch (2012)

2.4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A fim de entender melhor como o IGC auxilia na economia de combustível, serão feitas algumas observações no que concerne à disposição do alternador na estrutura do automóvel.

Primeiramente, voltando ao conceito de máquinas elétricas, é possível relacionar a potência ativa da máquina com o torque e a velocidade angular, assim, tem-se que:

$$P = \tau * \omega \quad (5)$$

Pondo no âmbito do alternador automotivo, P é a potência ativa entregue pelo alternador, τ é o torque demandado do motor a combustão pelo alternador e ω é a velocidade angular do eixo principal do motor a combustão. É apresentado nas Figuras 27 e 28 um desenho da localização do alternador diante do motor a combustão e um desenho esquemático das conexões entre os equipamentos.



Figura 27:Localização do alternador na configuração do motor: Fonte: KREMER (2011)

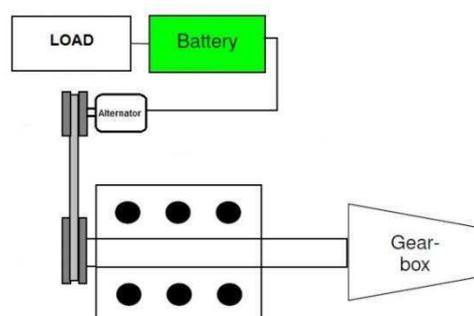


Figura 28: Layout das conexões do alternador. Fonte: KREMER (2011)

O rotor do alternador é girado através do torque proporcionado pelo motor a combustão através de correias. Assim, a depender da necessidade do alternador de entregar potência à bateria e ao veículo ele irá demandar mais ou menos torque do eixo do motor a combustão. É daí que surgiu a ideia de diminuir o consumo de combustível através do IGC.

2.4.2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO IGC

A função principal do IGC é o controle dinâmico da tensão de saída (BALENA, 2012, p. 9). Os alternadores convencionais sem o IGC funcionam fornecendo tensão e corrente constantes, ou seja, potência constante para a bateria, já com o controle dinâmico da tensão de saída, essa potência pode variar e assim demandar menos torque do motor a combustão em alguns momentos.

O IGC irá controlar o alternador definindo qual tensão será imposta por ele à bateria. De modo que o IGC terá auxílio do BMS para poder tomar algumas decisões. Os níveis de tensão de saída deverão ser calibrados anteriormente, e é com essa finalidade que está sendo realizado o presente trabalho.

Para calibrar as baterias serão levadas em consideração basicamente duas características das mesmas, sendo uma o consumo de água e a outra a aceitação de carga. Pode ser observado na Figura 29 o diagrama de estados para cada nível de SOC.

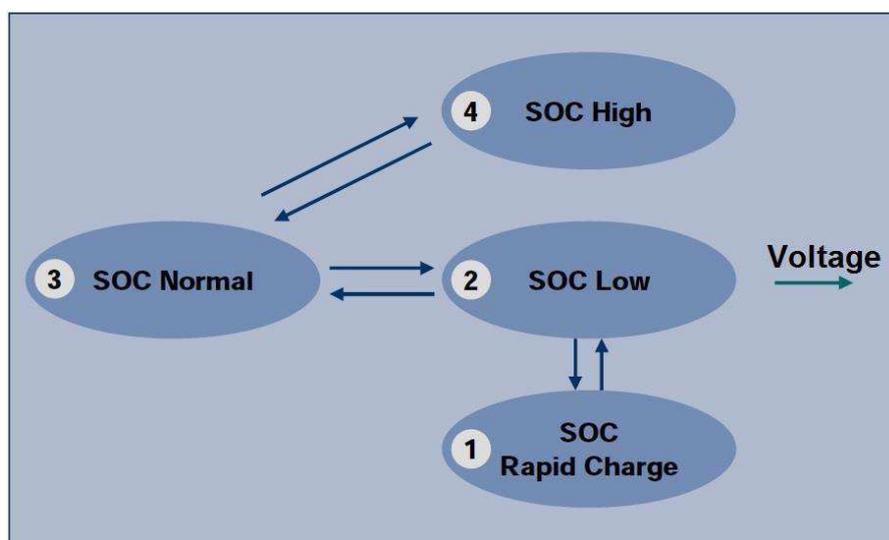


Figura 29: Status do Estado de Carga. Fonte: BALENA (2012)

Dois parâmetros irão influenciar na escolha da tensão de recarga da bateria. O primeiro é o SOC, como pôde ser visto na Figura 29. O outro é o estado de Aceleração/Desaceleração do veículo.

O primeiro se deve principalmente à capacidade que a bateria deve ter de partir o motor, pois o controle não pode permitir que o estado de carga da bateria alcance determinado ponto onde ela não seja capaz de partir o motor. O segundo parâmetro está relacionado ao princípio de conservação de energia. Assim, quando o veículo está em estado de aceleração, o IGC define a menor tensão possível para a saída do alternador, desde que a bateria não esteja com o SOC muito baixo. Dessa maneira, parte do torque que estava sendo destinado para o alternador será agora destinado para o eixo das rodas e o motor irá trabalhar com uma maior “folga”, e assim, economizando combustível.

A partir do momento que o veículo está desacelerando, o IGC tirará proveito da energia cinética que está sendo transmitida do eixo de rodas para o motor (freio motor), e assim jogar a maior tensão possível na saída do alternador, já que praticamente todo o torque demandado pelo alternador está vindo sem que haja consumo de combustível. Na Figura 30 é mostrado um gráfico da Velocidade, Tensão de saída do Alternador e SOC em função do tempo.

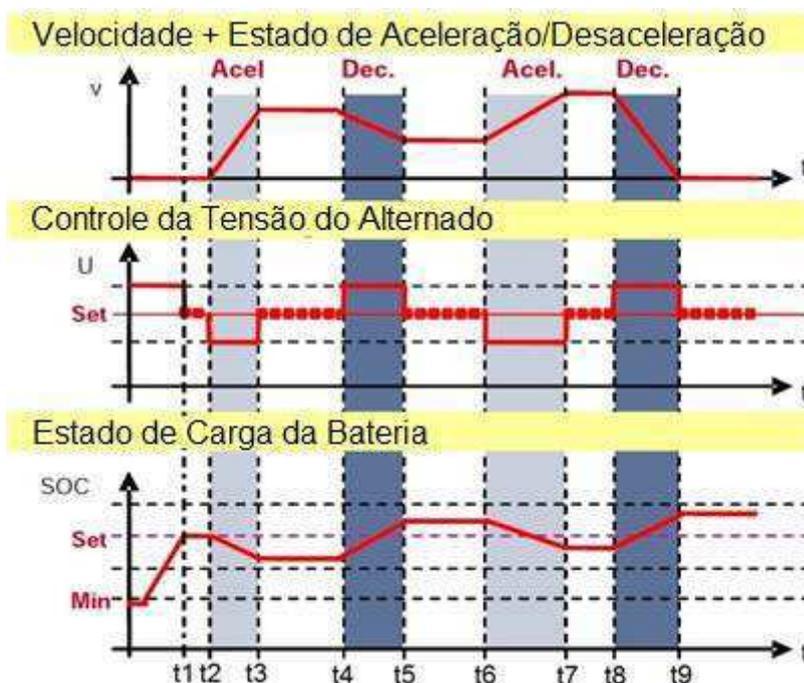


Figura 30: Velocidade, Tensão e SOC em função do Tempo. Fonte: BALENA (2012)

Pode ser observado que em t1 a bateria chega a um SOC satisfatório (predefinido anteriormente), então a tensão de saída do alternador desce para o *set* antes

definido no projeto. Como o veículo não está desacelerando e a bateria não está descarregada, não há necessidade de impor a maior tensão de saída para que não haja um consumo de combustível desnecessário.

Entre t_2 e t_3 há uma aceleração do veículo, daí a tensão de saída do alternador cai para deixar o motor com mais folga. Como o SOC não atinge um nível crítico, então a tensão de saída permanece a mais baixa.

Entre t_4 e t_5 há uma desaceleração, desse modo o IGC coloca a maior tensão de saída do alternador para aproveitar a energia cinética. E assim é basicamente o papel do IGC na diminuição do consumo de combustível.

Foi realizada em São Paulo uma simulação em um veículo da Fiat. Na simulação ficou constatada uma economia de combustível de 2,16%. Com o IGC o veículo consumiu 11,78 km/l enquanto sem o IGC o mesmo automóvel fez 11,53 km/l. Na Figura 11 é apresentado os dados da simulação.

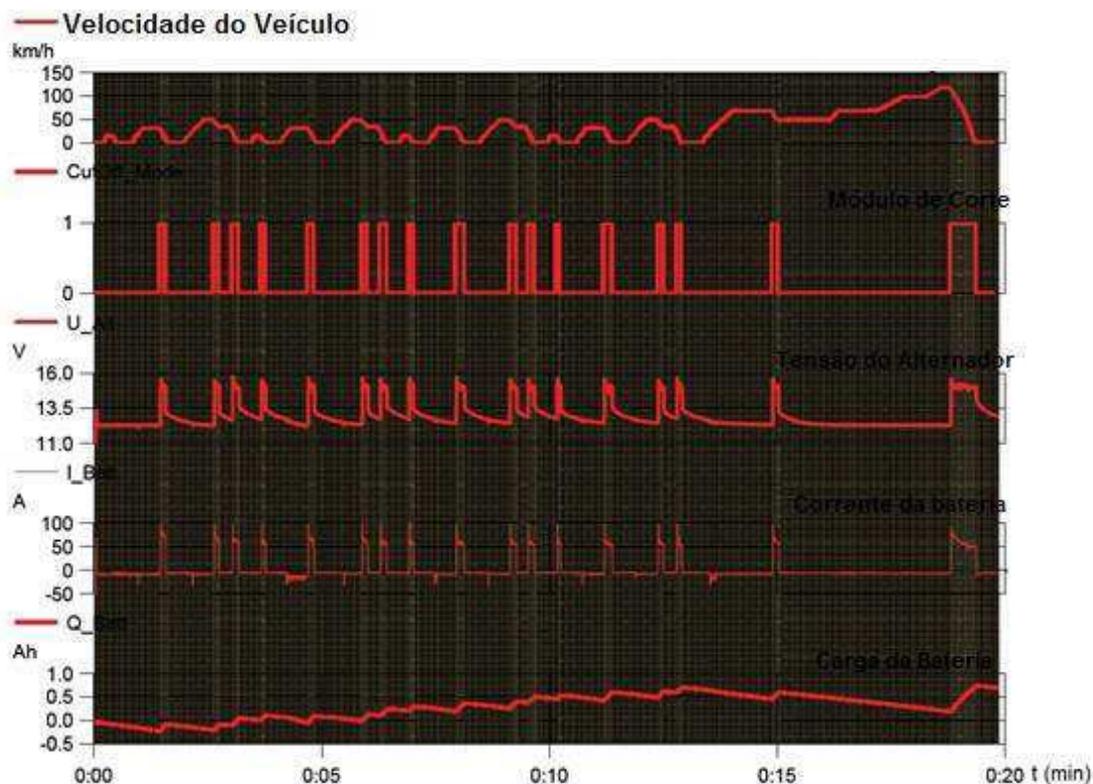


Figura 31: Simulação IGC. Fonte: BALENA (2012)

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No decorrer do Estágio Integrado foram desenvolvidas inúmeras atividades, desde pesquisa até atividades administrativas que fazem parte da rotina para atender as demandas das montadoras de veículos. A seguir são elencadas algumas atividades realizadas.

3.1 ESTUDO DA APLICABILIDADE DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO EM SISTEMA COM ALTERNADOR INTELIGENTE ASSISTIDA POR BMS

Os ensaios referentes a esse estudo foram realizados no laboratório físico da empresa Bateria Moura SA. Foi usado basicamente dois equipamentos, MCE e MCE01. Esses equipamentos têm função basicamente de carga e descarga da bateria, por um determinado tempo e com corrente e tensão preestabelecidas. Na Figura 32 são apresentadas fotos dos equipamentos no Laboratório físico da Moura.



Figura 32 Equipamentos para realização dos teste de Consumod e Água e Aceitação de Carga

3.1.1 ENSAIO DE CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água é dado em gramas por ampere-hora [g/Ah] e, como o próprio nome já diz, expressa o quanto de água é consumido por cada ampere-hora de carga da bateria. Esse valor é obtido através da diferença de peso entre o início e o fim do teste dividido pela capacidade da bateria, que no caso em questão é 60 Ah.

Antes de qualquer procedimento deve-se limpar e secar a bateria. O teste consiste em pesar a bateria, carregá-la durante 21 dias a uma tensão constante e pesá-la novamente, tudo isso a temperatura de 60°C, completando assim um ciclo. Para uma bateria SLI (convencional) são realizados apenas dois ciclos, enquanto para uma bateria EFB são realizados quatro ciclos.

Nos testes serão aplicadas quatro tensões diferentes (16 V, 15,6 V, 15,2 V e 14,8V) em quatro baterias SLI e quatro EFB distintas para observar o consumo com cada uma das tensões aplicadas. Vale salientar que para uma aplicação de 14,4 V o consumo de água não deve ser maior que 3 g/Ah para baterias convencionais e 6 g/Ah para baterias EFB.

3.1.2 ENSAIO DE ACEITAÇÃO DE CARGA

O ensaio de aceitação de carga mensura o quanto de carga a bateria consegue absorver em um determinado intervalo de tempo quando aplicada uma dada tensão. De acordo com a norma Fiat, empresa que solicitou o estudo de aplicabilidade, o procedimento a ser feito para esse teste com a bateria Convencional é:

- Carregar a bateria por completo;
- Repousar a bateria por um período de 24 horas;
- Descarregar a bateria com corrente igual a 10% da capacidade nominal durante 5 horas;
- Estabilizar a temperatura da bateria em 0°C;
- Alcançada essas condições, efetuar uma recarga a uma dada tensão por 3 horas limitando a corrente a 60 amperes;
- Medir o valor da corrente no décimo minuto;
- Calcular a capacidade restaurada da bateria após as 3 horas de recarga.

Ainda segundo a norma da Fiat, a corrente no décimo minuto não deve ser menor que $0,2 \cdot C_{20}$ e a capacidade restaurada não deve ser menor que $0,35 \cdot C_{20}$ caso o teste seja feito com tensão de recarga de 16 V.

Para a bateria EFB o teste se procede da seguinte maneira:

- Carregar a bateria por completo;
- Repousar a bateria por um período de 24 horas;
- Descarrega a bateria com corrente igual a 5% da capacidade nominal durante 12 horas;
- Estabilizar a temperatura da bateria em 0°C ;
- Alcançada essas condições, efetuar uma recarga a uma dada tensão por 3 horas limitando a corrente a 60 amperes;
- Medir o valor da corrente no décimo minuto;
- Calcular a capacidade restaurada da bateria após as 3 horas de recarga.

Também há diferença na especificação que a bateria deve atingir. No caso da EFB a corrente no décimo minuto não deve ser menor que 25% da capacidade nominal e a capacidade restaurada não deve ser menor que 35% da capacidade nominal caso o teste seja feito com tensão de recarga de 14,4 V.

O teste de aceitação de carga será realizado em 3 baterias SLI e três EFB para poder comparar a aceitação de cada uma com a respectiva tensão de recarga.

3.2 ESTUDO DE MONTABILIDADE E MELHORIA DE CAPACIDADE DE BATERIAS

Devido a alguns problemas de montabilidade que vêm surgindo nas linhas de montagem fez-se necessário um estudo a fim de diagnosticar e buscar a melhor solução para tal problema. As baterias a serem analisadas a priori foram a FI50EDHE2, a FI45FDHE2 e a VW48FDHE2.

3.2.1 CONFECÇÃO DAS PLACAS

Esse estudo foi realizado de forma a garantir que todas as especificações fossem cumpridas conforme ficha técnica.

Assim, ao preparar a massa, garantiu-se que a mesma apresentasse densidade 4,0 g/ml. A partir daí, foi medido o peso de algumas grades positivas, como apresentado na Figura 33, para verificar se estava conforme ficha técnica e assim ter certeza da quantidade de massa na placa. Assim, foram confeccionadas as placas positivas solicitando ao operador que calibrasse o cabeçote para diferentes faixas de peso (limite superior, limite inferior e especificação) para ter uma amostragem maior de placas no momento de pesar e separar por faixas de peso.

O mesmo procedimento foi feito para a placa negativa, porém com massa com densidade 4,3g/ml.



Figura 33: Verificação do peso das grades Positiva de Negativa. Fonte: Moura

3.2.2 DIVISÃO DAS PLACAS EM FAIXAS DE PESO.

Após o empastamento, os cavaletes com as placas positiva e negativa foram levadas para cura e secagem e após esse período foi levado para a gestão de protótipo para que as mesmas fossem pesadas e divididas por faixas de peso.

As placas foram divididas em três faixas de peso, já que a especificação tem uma tolerância de $\pm 3g$, desse modo, a divisão se configurou assim: Limite Superior, Especificação e Limite Inferior, como mostrado na Figuras 34. Vale salientar que foi considerada uma tolerância de $\pm 1g$ para cada faixa de peso. São apresentadas nas Figuras 35 e 36 fotos do processo de separação das placas pelo peso das mesmas.

129g	Lim. Sup.	101g	Lim. Sup.
128g		100g	
127g	Esp.	99g	Esp.
126g		98g	
125g	Lim. Inf.	97g	Lim. Inf.
124g		96g	
123g	Lim. Inf.	95g	Lim. Inf.
122g		94g	
121g		93g	

Figura 34: Faixas de peso para as placas Positivas e Negativas.



Figura 35: Placas pesadas e separadas por Faixa de Peso. Fonte: Moura



Figura 36: Placas já separadas no caveleto da Gestão de Protótipos. Fonte: Moura

3.2.3 COMBINAÇÕES DE FAIXAS DE PESO PARA MONTAGEM DA BATERIA.

Para realizar o estudo de montabilidade foram consideradas todas as combinações possíveis entre as faixas de peso das placas positivas e as faixas de peso

das placas negativas. Dessa maneira, foram montadas nove baterias FI50EDHE2, nove FI45FDHE2 e nove VW48FDHE2.

Todas as combinações feitas para a análise da montabilidade é apresentado na Figura 37.

PLACA POSITIVA	PLACA NEGATIVA
Placa com peso no Limete Superior	Placa com peso no Limete Superior
Placa com peso no Limete Superior	Placa com peso na Especificação
Placa com peso no Limete Superior	Placa com peso no Limete Inferior
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limete Superior
Placa com peso na Especificação	Placa com peso na Especificação
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limete Inferior
Placa com peso no Limete Inferior	Placa com peso no Limete Superior
Placa com peso no Limete Inferior	Placa com peso na Especificação
Placa com peso no Limete Inferior	Placa com peso no Limete Inferior

Figura 37: Combinações de faixas de peso para placas positivas e negativas.

3.3 AUXILIO NAS ATIVIDADES ROTINEIRAS REALIZADAS COM AS MONTADORAS.

Lidar com Montadoras não é nada fácil, as exigências são muito grandes e errar é praticamente inaceitável. Daí faz-se necessário que a preparação de uma série de documentos e um boa comunicação por e-mail e teleconferências e videoconferências. As atividades exercidas nessa parte são mais de gestores e de engenheiros de qualidade.

Dentre essa atividades estão:

- Relatórios de Autoqualificação;
- Preparação de Relatórios Técnicos;
- Suporte na homologação dos processos de formação e acabamento das baterias para Fiat Argentina;
- Criação de itens para facilitar a exportação de produtos;
- Suporte em auditorias de Custo;
- Reuniões semanais com montadoras;

- Acompanhamento de Testes Elétricos no laboratório físico;
- Preparação de Procedimento para testes;
- Preparação de Documentos para aprovação de processo;
- Envio de amostras para entrada em novas montadoras;

4 RESULTADOS DAS ATIVIDADES

4.1 RESULTADOS DA APLICABILIDADE AO ALTERNADOR

INTELIGENTE.

A partir da realização dos testes de consumo de água das baterias convencionais e EFB, foram obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5: Consumo de Água da Bateria Convencional

Teste	Esp.	TENSÃO			
		16 V	15,6 V	15,2 V	14,8 V
1º C20 Recarga: 5x120 - 16V - 24h	C20 ≥ 60Ah	Am 01 67,429	Am 02 62,843	Am 03 65,553	Am 04 59,847
	Tempo Desc.	22:28:00	20:56:00	21:51:00	19:58:00
	Ah Carga	80,768	76,444	76,291	76,291
Consumo de Água @60°C (04.09) 1ª Fase: Carga 30A - 504h 2ª Fase: Carga 30A - 504h	Peso Inicial	16169	16153	16221	16191
	1ª Fase (0 - 21d) £ 1,5g/Ah	2,67	1,73	1,27	0,62
	Peso Final	16009	16049	16145	16154
	2ª Fase (21-42d) ≤ 1,5g/Ah	3,28	1,47	1,72	0,75
	Peso Final	15812	15961	16042	16109
	Total 42d ≤ 3g/Ah	5,95	3,20	2,98	1,37

Fonte: Moura (2013)

Tabela 6: Consumo de Água Bateria EFB

Teste	Esp.	TENSÃO				
		16 V	15,6 V	15,2 V	14,8 V	
		Am 01	Am 02	Am 03	Am 04	
1º Capacidade Nominal - C20 Carga: 5x120 - 14,8V - 24h	C20 ≥ 60Ah	62,908	62,031	60,001	61,584	
	Tempo Desc.	20:57:00	20:39:00	20:00:00	21:28:00	
	Ah Carga	80,286	75,453	72,029	72,029	
Consumo de Água @60°C (02/09) 1ª Fase: Carga 30A - 504h 2ª Fase: Carga 30A - 504h 3ª Fase: Carga 30A - 504h 4ª Fase: Carga 30A - 504h	Peso inicial	17230	17205	17180	17197	
	Peso Final	17065	17093	17102	17152	
	Consumo de Água	2,750	1,867	1,300	0,750	
	Peso inicial	17065	17093	17102	17152	
	Peso Final	16899	16946	17015	17084	
	Consumo de Água	2,767	2,450	1,450	1,133	
	Peso inicial	16899	16946	17015	17084	
	Peso Final	16588	16825	16895	17002	
	Consumo de Água	5,183	2,017	2,000	1,367	
	Peso inicial	16588	16825	16895	17002	
	Peso Final	16397	16700	16774	16927	
	Consumo de Água	3,183	2,083	2,017	1,250	
	Total 84d ≤ 6g/Ah		13,883	8,417	6,767	4,500

Fonte: Moura (2013)

Já nas Tabelas 7 e 8 são apresentados os resultados referentes ao teste de aceitação de carga de baterias convencionais e EFB, respectivamente.

Tabela 7: Aceitação de Carga Bateria Convencional

Teste	Esp.	TENSÃO			
		16 V	15,6 V	15,2 V	14,8 V
		Am 01	Am 02	Am 03	Am 04
Peso (g)		16147	16213	16131	16086
Item 1.7.1.1 – Capacidade Nominal – C20	C20 ≥ 60Ah	61,820	61,080	61,164	61,354
	Tempo Desc.	20:36:00	20:21:00	20:03:00	20:11:00
Item 1.7.3 - Prova de Aceitação de Carga a 0°C - A Corrente absorvida em 10min deve ser ≥ 0,20 x C20. - A capacidade recuperada após 3h de carga deve ser ≥ 0,35 x C20.	I(A) 10min ≥ 12A	13,210	11,023	9,715	7,879
	Ah Carga após 3h ≥ 21A	22,475	19,471	16,784	13,843

Fonte: Moura (2013)

Tabela 8: Aceitação de Carga Bateria EFB

Teste	Esp.	TENSÃO			
		16 V	15,6 V	15,2 V	14,8 V
		Am 01	Am 02	Am 03	Am 04
Peso (g)		16978	17084	17024	17189
Item 1.7.1.1 - Rilievo della Capacità Effetiva	C20 \geq 60Ah	62,532	62,252	61,192	60,713
	Tempo Desc.	20:51:00	20:45:00	20:24:00	20:07:00
Item 1.7.3 - Prova di Accettazione di Carica a 0°C - A Corrente absorvida em 10min deve ser $\geq 0,25 \times C20$. - A capacidade recuperada após 3h de carga deve ser $\geq 0,35 \times C20$.	I(A) 10min \geq 15A	22,753	19,264	16,523	15,164
	Ah Carga após 3h \geq 21A	31,624	26,364	23,591	22,053

Fonte: Moura (2013)

Através dos resultados é possível perceber que a tensão que representou melhores níveis de consumo de água foi a de 14,8 V, porém com uma aceitação de carga bastante aquém da própria especificação. Enquanto isso, a tensão que obteve uma aceitação de carga de maior expressão foi a de 16 V, por outro lado com um consumo de água bastante acentuado.

Os resultados já eram, de certa forma, esperados. Porém havia ainda a possibilidade de mesmo a tensão mais elevada ter o maior consumo de água, que esse consumo pudesse estar dentro ou próximo da especificação.

Dessa maneira, a escolha fica entre os dois valores de tensão intermediários, 15,6 e 15,2 V. O tipo de bateria a ser escolhido é a EFB, pela aceitação de carga ser bem superior que as convencionais. Sugere-se também que a tensão de recarga ótima fique entre esses dois valores, já que o consumo de água foi reprovado e a aceitação de carga foi aprovada nos dois. A Fiat pretende realizar testes de rodagem com um protótipo no início de 2014 para averiguar qual tensão apresenta melhor comportamento. Apesar de não se ter chegado a um único valor de tensão, pode-se considerar que o teste foi de grande valia pelo fato de que algumas conclusões foram tomadas. Primeiramente pôde-se constatar que a bateria convencional, seja qual for a tensão de recarga não se aplica para o alternador em estudo. Também eliminou-se a tensão de recarga de 16 V, tensão inicialmente adotada pela Fiat. Pode-se dizer também que a tensão ótima de recarga está entre 15,6 e 15,2 V e que a depender da aplicação pode-se pensar em uma das duas ou em um valor intermediário.

Possivelmente serão realizados novos ensaios testando valores de tensão menos espaçados entre 15,6 e 15,2 V. Além disso, será de grande ajuda a realização de ensaios de rodagem com um protótipo da Fiat na definição do valor de tensão ótimo.

4.2 RESULTADO DA MONTABILIDADE

As placas usadas nas baterias em questão são FPP-08/85 Sn PB40 NG e FNC-07/75 Ca SD.

Com todas as placas devidamente separadas, foram coletadas amostras de placas positivas e negativas em cada uma das faixas de peso e com elas foram feitas medições de espessura em 4 pontos por placa e por fim foi tirado a média, como mostrado na Figura 38.

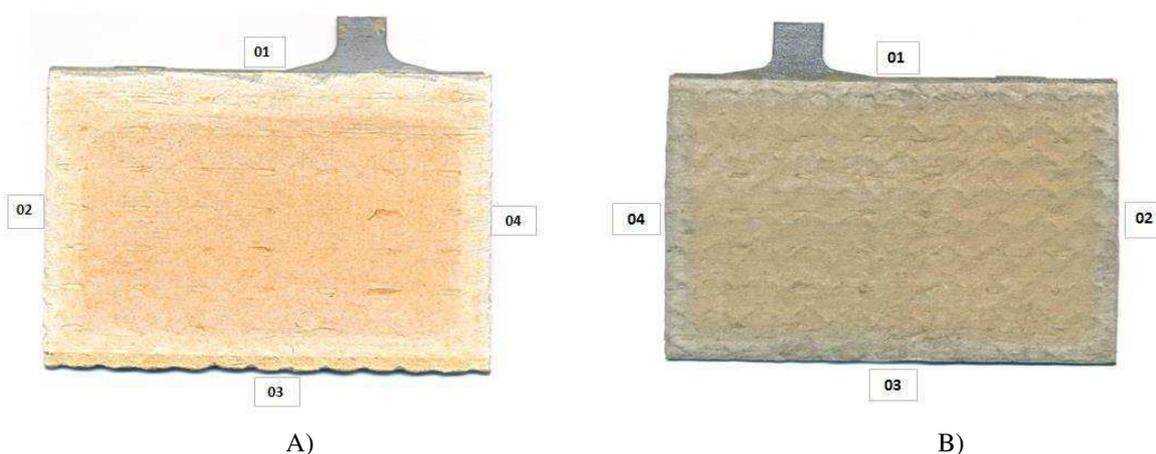


Figura 38: Posições de Medição de Espessura da Placa a) Positiva e b) Negativa. Fonte: Moura

Após definir os pontos a serem medidos, foram realizadas as medições em placas positivas com densidade controlada e não controlada e em placas negativas com 75g e 72g de material ativo. Os resultados são apresentados nas Figuras 39 a 45. As linhas em amarelo representam os limites de espessura da placa.

Placa Positiva Controla			
Espessura Média no Limite Inferior	Espessura Média na Especificação	Espessura Média no Limite Superior	MÉDIA
1,99 mm	2,11 mm	2,1 mm	2,06 mm
Placa Positiva Não Controla			
Espessura Média no Limite Inferior	Espessura Média na Especificação	Espessura Média no Limite Superior	MÉDIA
2,03 mm	2,09 mm	2,16 mm	2,09 mm
Placa Negativa Controlada			
Espessura Média no Limite Inferior	Espessura Média na Especificação	Espessura Média no Limite Superior	MÉDIA
1,6 mm	1,65 mm	1,72 mm	1,66 mm
Placa Negativa Não Controlada			
Espessura Média no Limite Inferior	Espessura Média na Especificação	Espessura Média no Limite Superior	MÉDIA
1,61 mm	1,62 mm	1,69 mm	1,64 mm

Figura 39: Valores médios de Espessuras das Placas.

Foi possível observar que a posição que apresentava a maior espessura era a posição 2 para as placas positivas e a posição 3 para as placas negativas. Além disso, vale salientar que para as placas positivas as espessuras não fugiram dos valores da ficha técnica. Para as placas negativas, foi observado que as espessuras fugiram bastante da tolerância preestabelecida por ficha técnica, erro que pôde ser corrigido em razão das medições da espessura.



Figura 40: Peso e espessura por Amostra.



Figura 41: Peso e espessura por Amostra.



Figura 42: Peso e espessura por Amostra.



Figura 43: Peso e espessura por Amostra.

Também pode ser observado na Figura 44 um comparativo entre as placas negativas com 72g e 75g de material ativo.

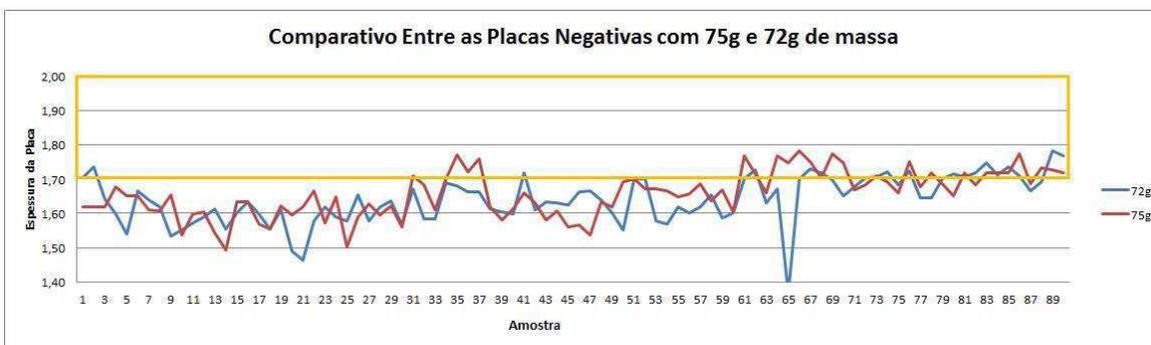


Figura 44: Comparativo Entre FNC-07/72 e FNC-07/75.

Após a confecção dos elementos foi coletado também as espessuras dos elementos como um todo, os valores são apresentados na Figura 45. Doravante foram montadas as baterias com suas respectivas combinações de pesos das placas.

Espessura do Elemento da bateria F150EDHE2									
Faixa de Peso		Espessura do Elemento (mm) - Posição 1			Espessura do Elemento (mm) - Posição 2			Espessura Média (mm)	
Placa Positiva	Placa Negativa							Posição 1	Posição 2
Limite Superior	Limite Superior	29,17	28,89	29,04	30,16	29,75	29,78	29,03	29,90
Limite Superior	Especificação								
Limite Superior	Limite inferior	28,50	28,47		29,14	29,88		28,49	29,51
Especificação	Limite Superior	28,43	28,08	28,36	29,76	28,75	28,78	28,29	29,10
Especificação	Especificação	28,09	27,67	28,19	28,49	28,03	29,15	27,98	28,56
Especificação	Limite inferior	28,03	27,85	27,96	28,26	28,43	28,73	27,95	28,47
Limite inferior	Limite Superior	28,31	28,16	28,05	28,46	28,79	28,47	28,17	28,57
Limite inferior	Especificação	27,97	27,87	27,46	28,16	28,26	27,94	27,77	28,12
Limite inferior	Limite inferior	28,03	27,85	27,74	28,73	28,61	28,46	27,87	28,60

Figura 45: Espessura do Elemento.

4.2.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS.

Após realizar a montagem das baterias, foram feitos ensaios para verificar o nível de pressão que a bateria apresentava. O ensaio consistia em retirar e colocar novamente um dos elementos da bateria após todos os elementos já estarem na bateria. Quando colocado o elemento, ele deve entrar 2/3 pela força da gravidade e os outros 1/3 com auxílio adicional.

- A fim de padronizar a interpretação dos resultados, é possível determinar as características de alguns níveis de montabilidade. São eles:
 - Monta Muito Folgado: O último elemento entra totalmente na cuba apenas soltando-o e ao virar a caixa os elementos caem.
 - Monta Folgado: O último elemento entra totalmente na cuba apenas soltando-o e ao virar a caixa os elementos não caem.
 - Monta Bem: O último elemento entra 2/3 apenas soltando-o, e os outros 1/3 com auxílio adicional, e ao virar a caixa o elemento não cai.
 - Monta Apertado: O último elemento entra menos de 2/3 apenas soltando-o e apresenta alguma dificuldade para montar, contudo é possível montar.
 - Monta Muito Apertado: Não monta.

O extrato desses ensaios é apresentado nas Figuras 46, 47 e 48.

FI50EDHE2		
PLACA POSITIVA	PLACA NEGATIVA	Análise
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Apertado*
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso na Especificação	Monta apertado
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Superior	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso na Especificação	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso na Especificação	Monta Folgado
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Folgado

Figura 46: Análise da Montabilidade da Bateria FI50EDHE2.

FI45FDHE2		
PLACA POSITIVA	PLACA NEGATIVA	Análise
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Apertado*
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso na Especificação	Monta apertado
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Superior	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso na Especificação	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso na Especificação	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Folgado

Figura 47: Análise da Montabilidade da Bateria FI45FDHE2.

VW48FDHE2		
PLACA POSITIVA	PLACA NEGATIVA	Análise
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Apertado*
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso na Especificação	Monta Apertado
Placa com peso no Limite Superior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Superior	Monta Apertado
Placa com peso na Especificação	Placa com peso na Especificação	Monta Bem
Placa com peso na Especificação	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Superior	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso na Especificação	Monta Bem
Placa com peso no Limite Inferior	Placa com peso no Limite Inferior	Monta Folgado

Figura 48: Análise da Montabilidade da Bateria VW48FDHE2.

O asterisco (*) indica que a bateria monta apertado para linhas que tenham o “socador”, já para as que não dispõem desse equipamento, a bateria não monta.

Uma das conclusões que pode ser tirada desse estudo é que o processo sofre influência de muitos fatores do momento que se tem a referencia de peso da placa no empastamento até o momento da montagem da bateria. A partir do momento que foi feito esse monitoramento das placas do empastamento até a montagem, percebeu-se que as placas puderam ser montadas sem maiores problemas.

Uma medida provisória tomada foi diminuir a quantidade de massa da placa negativa de 75g para 72g. Porém é mostrado na Figura 49 que essa medida não atende as especificações do produto. É importante salientar que apenas uma faixa de peso, no limite superior da especificação, atende a especificação e ainda assim não atinge a capacidade nominal.

Faixa de Peso da Placa		Placa (-) com peso INFERIOR		Placa (-) com peso SUPERIOR		Placa (-) com peso na ESPECIFICAÇÃO	
Teste	Esp.	Am 01	Am 02	Am 03	Am 04	Am 05	Am 06
1º C20 (02/09)	C20 ≥ 50Ah	46,377	46,794	49,438	48,568	45,737	47,243
	Tempo Desc.	18:33:00	18:43:00	19:46:00	19:26:00	18:18:00	18:54:00

Figura 49: Resultado dos testes com Placa FNC-07/72 Ca SD

Este estudo também forneceu valores que servem como base para uma possível mudança na ficha técnica da espessura da placa FNC-07/75 Ca SD. Essa mudança tem como propósito representar de maneira mais precisa as espessuras reais das placas com as espessuras definidas em ficha técnica.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o estágio foi de grande proveito, agregando à formação do estagiário o conhecimento oriundo de diversas áreas do conhecimento. As atividades tiveram seus objetivos concluídos quase que em sua totalidade, exceto algumas atividades que não se teve tempo hábil para termina-las. Em sua maioria, as atividades de estágio resultaram em êxito, consequência de um trabalho realizado com dedicação.

Vale salientar que uma das coisas que o curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande ensina, e que ajudou no estágio foi a capacidade saber buscar novos conhecimentos e saber aprender se alguém te orientando todo o tempo. Isso é consequência do nível elevado do curso, que faz com que a maioria dos alunos adquiram essa habilidade.

Além disso, é importante citar que foi desenvolvido a questão das relações interpessoais dentro da empresa, facilitando assim, o bom convívio e a resolução de problemas que surgiam durante o estágio. Enfim, foi um imenso crescimento pessoal e Profissional.

BIBLIOGRAFIA

BALENA, R. **FIAT AND BOSCH HIGH EFFICIENCY TECHNOLOGIES**. BOCH/FIAT. SÃO PAULO, p. 28. 2012.

CARVALHO, I. CORRIDA DA ECONOMIA. **QUATRO RODAS**, n. 648, p. 36, Outubro 2013.

DENTON, T. **AUTOMOBILE ELECTRICAL AND ELECTRONIC SYSTEMS**. 2ª. ed. [S.l.]: [s.n.].

HAFFNER, J. **TECHNICAL DESCRIPTION FOR THE BOSCH ELECTRONIC BATTERY SENSOR**. BOSCH. Gerlinger, p. 19. 2007.

INMETRO. Unidades Legais de Medida. **Inmetro**, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp?iacao=imprimir>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

INOVAR-AUTO. **Inovar-Auto**, 2013. Disponível em: <<http://inovarauto.com.br/o-inovar-auto/>>. Acesso em: 12 Outubro 2013.

ISKEN, B. **TECHNICAL DESCRIPTION FOR THE BATTERY STATE DETECTION SOFTWARE**. BOSCH. Gerlinger, p. 17. 2007.

JORDÃO, R. **MÁQUINAS SÍNCRONAS**. [S.l.]: [s.n.].

MEYER, R.; BRAUN, H.; REHAGE, R. **Alternators and Starter Motors**. 1ª. ed. [S.l.]: Bentley Publishers, 2003.

PEREIRA, A.; ALVES, M. **Baterias Automotivas**. Acumuladores Moura SA. Belo Jardim, p. 46. 2006.

RIATO, G. AUTOMOTIVE BUSINESS. **AUTOMOTIVE BUSINESS**, 2013. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/17056/em-novo-decreto-governo-altera-regras-do-inovar-auto>>. Acesso em: 29 Setembro 2013.

SOEIRO, L. **SIMULAÇÃO DO BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UM VEÍCULO**. PUC - MINAS GERAIS. Belo Horizonte, p. 99. 2011.

VEJA. **Veja - Abril**, 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/economia/decreto-prorroga-habilitacao-de-montadoras-ao-inovar-auto>>. Acesso em: 12 Outubro 2013.

