

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

WILLIAM PINHEIRO SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

ACUMULADORES MOURA S.A.



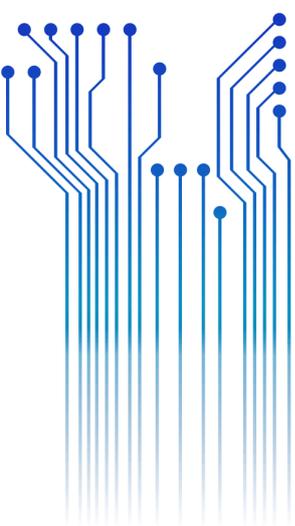
Centro de Engenharia
Elétrica e Informática



Departamento de
Engenharia Elétrica

Campina Grande – Paraíba – Brasil

William Pinheiro Silva, fevereiro de 2018



WILLIAM PINHEIRO SILVA

ACUMULADORES MOURA S.A.

Relatório de Estágio Integrado realizado na empresa Acumuladores Moura S.A. submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador:

Professor Damásio Fernandes Júnior, D.Sc.

Campina Grande, Paraíba, fevereiro de 2018

WILLIAM PINHEIRO SILVA

ACUMULADORES MOURA S.A.

Relatório de Estágio Integrado realizado na empresa Acumuladores Moura S.A. submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Damásio Fernandes Júnior, D.Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

À minha família, em especial aos meus pais Aroldo e Vanusa e aos meus irmãos Max Weber e Damy, que sempre me apoiaram e me deram suporte para a realização deste sonho, dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo incentivo dado na realização deste sonho. Aos meus pais, Aroldo e Vanusa, pela base sólida que me proporcionaram, pelo amor, cuidados e sacrifícios que têm feito por mim e por acreditarem e me apoiarem ao longo desta jornada.

Aos meus irmãos, Max Weber e Damy, por estarem sempre ao meu lado, por me incentivarem, pelo amor e pela amizade de sempre.

Agradeço a Deus por permitir a realização deste sonho, por me dar sabedoria e paciência para enfrentar os momentos de dificuldade e por tudo que tem feito em minha vida.

Agradeço a essa Instituição UFCG, a todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, pela atenção, apoio e colaboração enquanto graduando.

Ao meu professor e orientador, Damásio Fernandes, pela confiança, paciência, e pela amizade desde o início desta graduação. Agradeço pela atenção dedicada às sugestões e pelo incentivo durante todos esses anos.

Agradeço a todos os amigos, pelo carinho e companheirismo, por me incentivarem ao longo do curso e por fazerem parte da minha vida.

À empresa Acumuladores Moura S.A. e seus colaboradores, a todos da Engenharia de Processos, pela oportunidade, confiança e ensinamentos.

A todos que, de alguma forma, enriqueceram minha vida e colaboraram direta ou indiretamente na concretização deste sonho, meu muito obrigado!

“E esta é a confiança que temos Nele, que, se pedirmos alguma coisa, segundo a sua vontade, Ele nos ouve. E, se sabemos que nos ouve em tudo o que pedimos, sabemos que alcançamos as petições que lhe fizemos.”

I João 5:14-15.

RESUMO

A Moura é uma das maiores empresas de baterias da América do Sul, equipando hoje mais de 50% dos carros novos que circulam no Brasil. As atividades desenvolvidas no estágio integrado foram realizadas na Acumuladores Moura S.A. – Unidade 01, localizada na cidade de Belo Jardim – PE, distante 180 km da capital Recife. O estágio ocorreu no período compreendido entre junho de 2017 e fevereiro de 2018. Na Engenharia de Processos da Moura Matriz, foi possível utilizar conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Elétrica na aplicação em indústria de produção de baterias chumbo-ácido. Conheceu-se o processo de fabricação de baterias, com foco no processo de formação e acabamento de baterias. A experiência prática diária durante o período de estágio contribuiu de forma bastante significativa para formação profissional, atuando como apoio à produção de baterias e desempenhando, dentre várias funções: a elaboração e a modificação de documentos, a busca por oportunidades que possam reduzir custos e/ou aumentar os lucros e a produtividade, projetos de melhoria dos processos, utilizando-se da metodologia do WCM e aplicando ferramentas como o PDCA, acompanhamento de padrões de processos, padronização de processos produtivos, controle de parâmetros de processo, adequando-os às necessidades exigidas para o produto e às limitações impostas pelo meio produtivo, além de garantir a excelência da qualidade do produto, de modo a satisfazer o cliente.

Palavras-chave: Baterias chumbo-ácido; engenharia de processos; formação e acabamento de baterias; Acumuladores Moura; Grupo Moura.

ABSTRACT

Moura is one of the largest battery companies in South America, currently equipping more than 50% of the new cars circulating in Brazil. The activities carried out in the integrated internship were carried out at Acumuladores Moura S.A. - Unit 01, located in the city of Belo Jardim - PE, 180 km from the capital Recife. The internship took place in the period between June 2017 and February 2018. In Moura Matriz Process Engineering, it was possible to use knowledge acquired during the course of Electrical Engineering in the application in the lead-acid battery industry. The process of battery manufacturing was known, focusing on the process of charging and finishing batteries. The daily practical experience during the internship period has contributed significantly to professional training, working to support battery production and, among several functions: the preparation and modification of documents, the search for opportunities that can reduce costs and increase profits and productivity, processes improvement projects, using the WCM methodology and applying tools such as PDCA, monitoring of process standards, standardization of production processes, control of process parameters, adapting them to the needs required for the product and the constraints imposed by the productive environment, ensuring the excellence of product quality in order to satisfy the customer.

Keywords: Lead-acid batteries; process engineering; charging and finishing of batteries; Acumuladores Moura; Grupo Moura.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Transporte de elétrons em eletrodo de chumbo e eletrólito ácido.	12
Figura 2: Célula formada por uma placa positiva e uma negativa, separadas por um separador poroso e imersas em solução de ácido sulfúrico.	13
Figura 3: Elemento formado por placas em paralelo.....	14
Figura 4: Elementos em série de modo a aumentar a tensão.....	14
Figura 5: Principais componentes de um acumulador chumbo-ácido e seus percentuais em peso.....	16
Figura 6: Fluxograma do processo de fabricação de baterias de chumbo-ácido.	21
Figura 7: (a) Imagem do sistema completo para produção de óxido de Barton. (b) Imagem com foco no reator para produção de óxido de Barton.....	22
Figura 8: Fluxograma dos Moinhos	26
Figura 9: Fluxograma da produção de Grades.	28
Figura 10: Imagem ilustrativa da (a) grade e (b) placa.....	31
Figura 11: Principais modelos de empastadeira: (a) MAC, (b) FOP, (c) Tambor (Cominco), (d) Tambor (Properzi), (e) Steel Belt, (f) Frimax.....	31
Figura 12: Fluxograma de Empastamento e Cura.	34
Figura 13: Principais componentes de uma bateria montada.	35
Figura 14: Fluxograma da Montagem da Bateria.	36
Figura 15: Fluxograma da formação e acabamento de baterias.	39
Figura 16: Organograma da Engenharia de Processos da UN 01.	40
Figura 17: Máquina de Enchimento e Nivelamento.....	43
Figura 18: Transbordo de solução na bateria.....	44
Figura 19: Desconformidade no nivelamento das baterias.....	44
Figura 20: Plano de Ação.	45
Figura 21: Requisição e acompanhamento da entrega dos materiais.	46
Figura 22: Cronograma de execução da MEN 12.	46
Figura 23: Antiga MEN 12 da seção 05/06.	47
Figura 24: Execução da montagem da nova MEN 12 da seção 05/06.	47
Figura 25: Recebimento e comissionamento de novas máquinas para a Linha AGM. ..	48
Figura 26: Instruções de Operação para novas máquinas da Linha AGM.	49
Figura 27: Dispersão no tempo de formação.....	50
Figura 28: Cronograma do Plano de Ação do Projeto.....	51
Figura 29: Planos de formação desenvolvidos.	52
Figura 30: Gráfico da formação para o plano escolhido.	52
Figura 31: Dispersão no tempo de formação muito pequena.	53
Figura 32: Resultados de alguns Testes C20.	54
Figura 33: Exemplos de Kaizens elaborados durante o estágio.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura Organizacional do Grupo Moura.	19
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. FUNCIONAMENTO DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO	11
1.2. HISTÓRIA DA ACUMULADORES MOURA S.A.....	16
1.3. UNIDADES DA EMPRESA.....	18
2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BATERIAS	21
2.1. MOINHOS.....	22
2.2. GRADES	26
2.3. EMPASTAMENTO.....	28
2.4. CURA E SECAGEM.....	32
2.5. MONTAGEM.....	34
2.6. FORMAÇÃO E ACABAMENTO	37
3. MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1. MELHORIA NO SISTEMA DE ENCHIMENTO E NIVELAMENTO	41
3.1.1. PLANEJAR (PLAN).....	42
3.1.2. EXECUTAR (DO)	45
3.1.3. VERIFICAR (CHECK).....	47
3.1.4. AGIR (ACT)	47
3.2. DOCUMENTAÇÃO DE NOVA FORMAÇÃO E ACABAMENTO PARA BATERIAS AGM.....	48
3.3. PROJETO PILOTO PARA FORMAÇÃO DE BATERIAS	49
3.4. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO	54
3.4.1. ELABORAÇÃO DE KAIZENS	55
3.4.2. ATIVIDADES DE ROTINA E TREINAMENTOS.....	56
4. CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da eletricidade e a necessidade de acumular energia, pesquisadores descobriram, no início do século XIX, a possibilidade de realizar tal feito com a utilização de eletrodos e eletrólitos. A descoberta da eletricidade como forma de energia é uma das maiores conquistas da humanidade, o que permitiu mudar drasticamente a vida humana.

Em 1801, o físico francês N. Gautherot conectou dois eletrodos de uma célula voltaica a dois fios de platina imersos em solução salina e passou-se corrente elétrica através deles. A água se decompôs em hidrogênio e oxigênio, e quando o circuito foi cortado e os fios de platina foram conectados entre si, a corrente elétrica fluiu na direção oposta por um curto período de tempo.

Um ano depois, na Alemanha, Johann Ritter conectou uma célula voltaica a discos em camadas de cobre e papelão umedecidos com solução de NaCl. A tensão aplicada foi de 1,3 V. Após o circuito ser desconectado, mediu-se uma tensão de 0,3 V entre os discos de cobre. Ritter realizou experimentos semelhantes com placas de chumbo, estanho e zinco. Diferentes tensões foram medidas para os diferentes tipos de placas. Ele chamou essa polarização de tensão.

Quando a corrente elétrica circula por eletrodos de chumbo imersos em solução de ácido sulfúrico, o dióxido de chumbo é formado em um dos eletrodos. Tais experimentos foram realizados por Kästner em 1810, Nobili em 1828, Schönbein em 1838 e Wheatstone em 1843.

Em 1859, o físico francês Gaston Planté estudou a polarização entre dois eletrodos idênticos imersos em solução diluída de ácido sulfúrico. Ele investigou diferentes eletrodos, incluindo prata, chumbo, estanho, cobre, ouro, platina e alumínio. Ele percebeu que, dependendo do tipo de eletrodo usado, as células eram polarizadas para diferentes níveis quando corrente elétrica fluía através dos eletrodos, e as células se tornavam geradores de corrente reversa. Ele resumiu os resultados de todas as experiências em seu artigo “Recherches sur la polarization voltaïque”, que foi publicado em Comptes Rendus da Academia Francesa de Ciências em 1859. Em 26 de março de 1860, Gaston Planté demonstrou na Academia Francesa de Ciências a primeira bateria recarregável de chumbo-ácido que continha nove células conectadas em paralelo e

apresentou uma palestra intitulada "Nouvelle pile secondaire d'une grande puissance". Este foi praticamente o certificado de nascimento da bateria de chumbo-ácido.

A bateria de chumbo-ácido tornou-se uma das principais fontes portáteis de energia elétrica com ampla aplicação na vida cotidiana do homem: veículos de transporte, telecomunicações, tecnologias da informação, subestações elétricas, entre outras. Esse acúmulo de energia trata da conversão de energia química em elétrica e vice-versa e é possível em virtude da diferente tendência de substâncias em doar e receber elétrons. A partir disso, foram criadas baterias chumbo-ácido que são vastamente utilizadas, embora representem uma tecnologia relativamente antiga.

A tecnologia das baterias chumbo-ácido é versátil em termos de confiabilidade e desempenho para as mais variadas aplicações, cada aplicação é única em seus requerimentos, exige-se, portanto, uma demanda variada de modelos de baterias, necessitando atenção especial as características físico-químicas do material ativo utilizado para cada modelo. Embora seja vasta a aplicação deste tipo de acumulador, atualmente, o principal uso ainda é direcionado em automóveis.

A função principal de um acumulador em um automóvel é a de fornecer a alta corrente elétrica por um curto período de tempo (vários segundos ou mesmo alguns minutos), necessária para que o motor de partida possa girar o motor de combustão do veículo e dar início ao funcionamento do mesmo. Além dessa função, o acumulador fornece eletricidade para que diversos dispositivos elétricos funcionem, mesmo com o motor desligado, como por exemplo, lâmpadas, aparelhos de som, alarmes, relógios, microprocessadores, entre outros.

O acumulador de um automóvel deve ser capaz de operar em condições diversas de temperatura (baixas temperaturas para a partida em dias frios e altas temperaturas durante um congestionamento de trânsito em dias quentes). Deve poder operar também sem necessidade de manutenção contínua, e idealmente deve dispensar qualquer manutenção. Um veículo está frequentemente sujeito a vibrações, provenientes de diversas fontes. Portanto, o acumulador deve ser capaz de suportá-las, além de não oferecer risco para o automóvel ou seus ocupantes.

É importante também que um acumulador de chumbo-ácido se mantenha em estado de carga por alguns meses, para que não haja necessidade de recarga frequente durante a armazenagem em depósitos.

Existem especificações que descrevem todas as características desejáveis. Assim falamos de alta descarga a frio e a quente (descarga a correntes elevadas por curto período de tempo), capacidade (quantidade de eletricidade armazenada quando medida sob condições de descarga lenta e prolongada), vida cíclica (é o tempo de vida que um acumulador possui em função do número de ciclos de carga e descarga a que o mesmo é submetido), entre outras (FLAMARION, 1994).

Em resumo, de acordo com FLAMARION (1994), um acumulador de chumbo para aplicação automotiva deve possuir as seguintes características:

- Ser capaz de fornecer correntes elétricas elevadas por vários segundos, repetidas vezes;
- Possuir carga armazenada suficiente para manter em funcionamento aparelhos elétricos de baixo consumo e manter o veículo operando por várias horas, em caso de pane do gerador;
- Sofrer diversos ciclos de carga e descarga;
- Sofrer baixa taxa de descarga durante armazenagem;
- Ser recarregada rapidamente após descarga exagerada;
- Requerer baixa ou nenhuma manutenção;
- Operar em diversas temperaturas;
- Não deve constituir fonte potencial de risco;
- Resistir a fortes vibrações mecânicas.

1.1. FUNCIONAMENTO DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

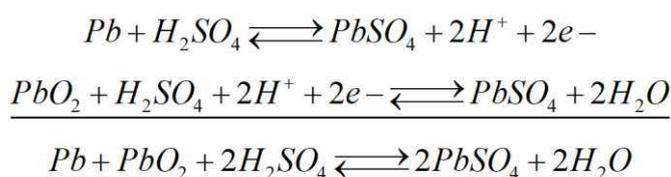
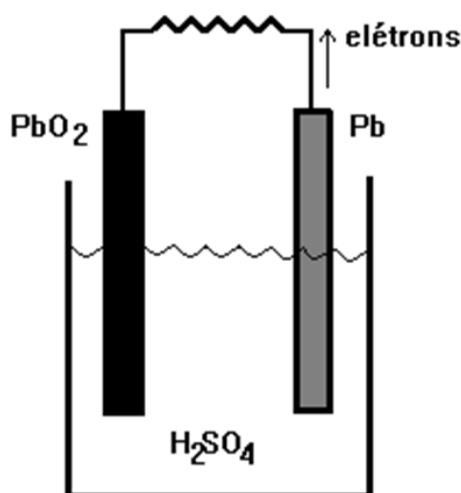
Basicamente, as baterias são dispositivos que convertem energia química em energia elétrica sob a forma de corrente contínua, quando estão no processo de descarga, e energia elétrica em energia química quando em carga.

Nas baterias chumbo-ácido, o bióxido de chumbo (PbO_2) é uma substância que possui uma grande tendência de receber elétrons, sendo assim um eletrodo positivo. Enquanto que o chumbo metálico (Pb) tem maior tendência de doar elétrons, ou seja, atua como eletrodo negativo. Assim, com a presença dos dois eletrodos mergulhados em um eletrólito juntamente a condições favoráveis, haverá a transferência de elétrons do chumbo para o bióxido de chumbo com facilidade.

Tais condições podem ser estabelecidas quando são conhecidos os fenômenos que ocorrem com o material ativo, além disso, é importante conhecer as substâncias químicas, as quais serão formadas a partir do chumbo e do bióxido de chumbo após a transferência de elétrons.

Nesse caso, o eletrólito consiste em solução de ácido sulfúrico. Assim, quando o chumbo metálico perde seus elétrons e o bióxido de chumbo recebe esses elétrons, ambos se transformam em sulfato de chumbo ($PbSO_4$). Os íons sulfato (SO_4^{2-}) necessários a essa transformação são provenientes do eletrólito (H_2SO_4). O esquema da Figura 1 ilustra as principais reações que ocorrem no transporte de elétrons, no caso de eletrodos de chumbo e eletrólito ácido.

Figura 1: Transporte de elétrons em eletrodo de chumbo e eletrólito ácido.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Para que um acumulador seja útil, é importante fazer com que os elétrons transferidos no processo descrito acima passem por um circuito elétrico externo e realizem um trabalho, por exemplo, girando um motor elétrico, acendendo uma lâmpada, etc. Fazer com que os elétrons sejam transferidos eficiente e controladamente é o segredo do funcionamento de um bom acumulador.

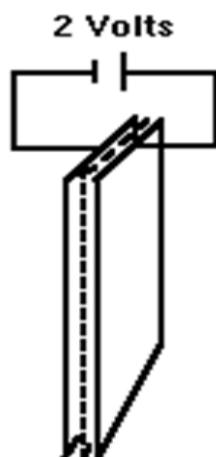
Finalmente, o dispositivo só é considerado um acumulador se possibilitar que os elétrons transferidos do chumbo ao bióxido de chumbo possam ser transferidos no sentido

contrário, através da aplicação de uma corrente elétrica externa, no presente caso, regenerando o chumbo e o bióxido de chumbo consumidos.

Os elétrons, por serem partículas de carga negativa, são atraídos por regiões de potencial elétrico positivo e repelidos por regiões de potencial elétrico negativo. Assim, é dito que em um acumulador, como o descrito acima, o chumbo é o polo negativo e o bióxido de chumbo é o polo positivo do acumulador. Como esse material normalmente é utilizado na forma de placas (grades de chumbo revestidas por material ativo), fala-se de placa positiva (placa de bióxido de chumbo) e placa negativa (placa de chumbo).

A configuração mais simples para um acumulador seria a de uma placa negativa e uma placa positiva separadas por um separador poroso e imersas em uma solução de ácido sulfúrico. Esta unidade constitui uma célula (Figura 2).

Figura 2: Célula formada por uma placa positiva e uma negativa, separadas por um separador poroso e imersas em solução de ácido sulfúrico.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Quando o acumulador está carregado, as placas positivas e negativas são constituídas essencialmente de bióxido de chumbo e chumbo, respectivamente. Durante a descarga, as placas sofrem reações e ambas são convertidas a sulfato de chumbo. Paralelamente, a solução de ácido sulfúrico diminui em concentração (a densidade da solução abaixa). Um sistema como este apresenta uma diferença de potencial entre as placas de cerca de 2 volts. Essa tensão é uma função principalmente da densidade da solução de ácido sulfúrico absorvida nas placas.

A quantidade de carga que essas placas podem fornecer é uma função da quantidade de material ativo presente. Assim, com o dobro do tamanho das placas, teoricamente tem-se o dobro da quantidade de carga disponível. Ao invés de aumentar o

tamanho das placas, é possível conectar outra placa positiva à placa positiva original e outra placa negativa à placa negativa original (ligação em paralelo). Desse modo obtém-se um elemento, conforme pode ser visto na Figura 3.

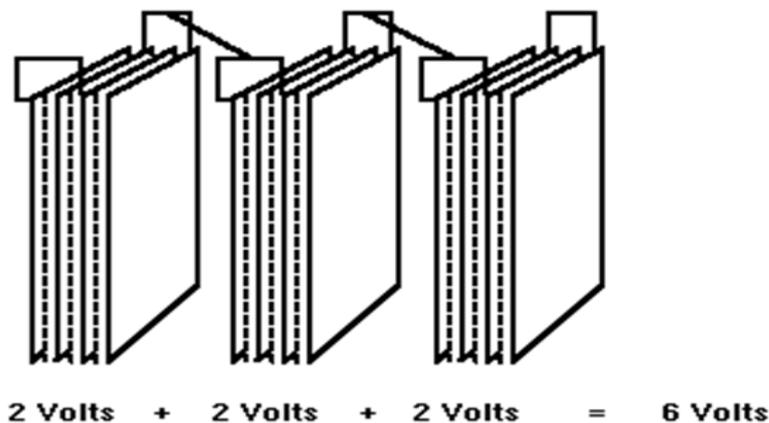
Figura 3: Elemento formado por placas em paralelo.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Caso seja desejado aumentar a diferença de potencial do acumulador, é necessário conectar dois ou mais elementos como descrito acima, de modo que as placas positivas se liguem às negativas (ligação em série). Elementos ligados em série, conforme Figura 4, devem estar em compartimentos separados. Isto é, a solução de um elemento não deve entrar em contato com a de outro elemento. Se isto acontecer, os elementos são descarregados, pois há um circuito elétrico fechado através da solução. Com a ligação em série, pode-se aumentar a tensão.

Figura 4: Elementos em série de modo a aumentar a tensão.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Para que uma bateria possua uma capacidade adequada à quantidade de material ativo nas placas, é importante que haja quantidade suficiente de ácido para a reação de descarga. Essa quantidade é uma função do espaço ocupado pelas placas e separadores.

Durante o processo de carga, além das reações de conversão do sulfato de chumbo em chumbo metálico na placa negativa e bióxido de chumbo na placa positiva, ocorrem sempre outras reações paralelas indesejáveis.

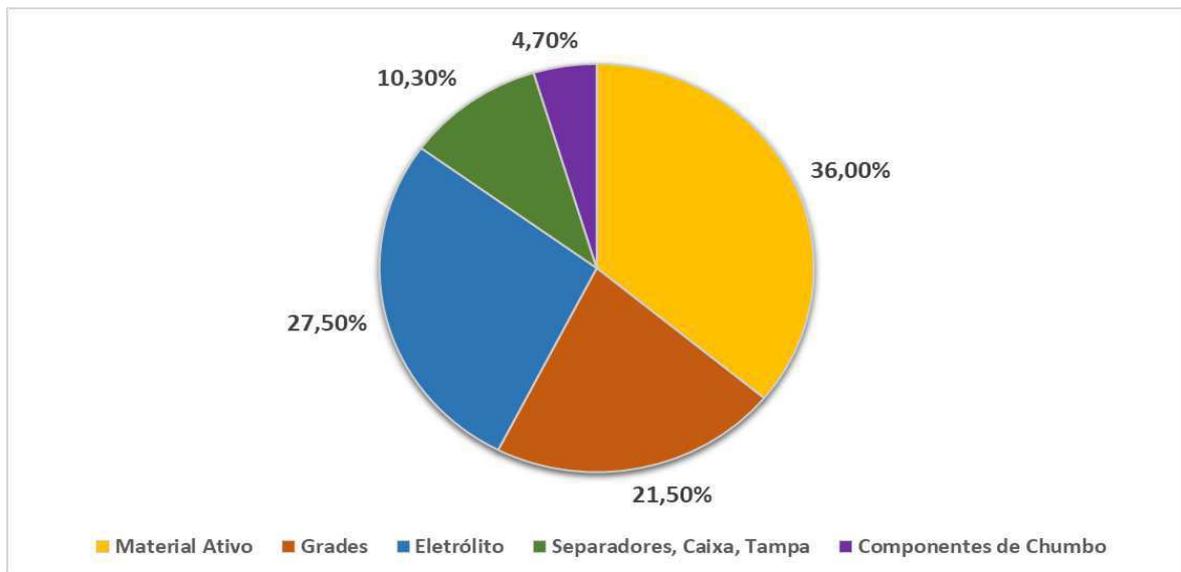
Na placa positiva pode ocorrer uma oxidação da grade metálica, ou seja, uma corrosão das grades positivas. Este processo é acelerado em condições de alta temperatura e de tensão excessiva utilizada na recarga. Ainda na placa positiva, pode ocorrer um consumo de oxigênio proveniente da água presente na solução. Na negativa, pode ocorrer um consumo de íons de hidrogênio. O consumo de hidrogênio e de oxigênio corresponde exatamente ao consumo de moléculas de água. O consumo de água depende em grande parte da presença de contaminantes e composição das ligas de chumbo utilizadas nas grades.

Na descarga, os elétrons saem da placa de chumbo (placa negativa) pela grade e chegam à placa de bióxido de chumbo (placa positiva), também pela grade. As grades são ligadas, de um modo específico, entre si, por peças de chumbo que devem também dar sustentação mecânica ao conjunto e permitir a boa condução de eletricidade.

Entre as placas positivas e negativas existe um separador para impedir o contato direto entre elas. No entanto, o separador deve ser poroso para permitir a condução de cargas elétricas de uma placa à outra, através da solução. Todo esse conjunto é colocado em uma caixa que deve ser robusta o suficiente para comportar o sistema em condições de uso e evitar qualquer vazamento de solução. A caixa deve possuir terminais para contato elétrico com os circuitos externos (FLAMARION, 1994).

Desse modo, os principais componentes de um acumulador chumbo-ácido podem ser resumidos de acordo com a Figura 5. Nesta, são apresentados os percentuais em peso de cada componente de acordo com MANTELL (1983) e conforme mostrado por ARAÚJO (2016).

Figura 5: Principais componentes de um acumulador chumbo-ácido e seus percentuais em peso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2. HISTÓRIA DA ACUMULADORES MOURA S.A.

A empresa Acumuladores Moura S.A. foi fundada em 1957 por Edson Mororó Moura, recém-formado em química naquela data, seu pai, seu cunhado, um primo e um amigo na cidade de Belo Jardim (PE), distante 180 km de Recife.

O primeiro nome da empresa foi Indústria e Comércio de Acumuladores Moura Ltda. As instalações iniciais eram simples com máquinas rudimentares, feitas de madeira de baraúna e ferro. A referência básica inicial para a produção das primeiras placas de baterias já em 1958 foi o livro do Professor George Wood Vinal: Storage Batteries.

No início da década de 60, a Moura adotou um intenso programa de transferência de tecnologia junto ao maior fabricante mundial de baterias da época, a inglesa Chloride.

Em 1979, iniciou-se a formação da rede de Depósitos Moura (RDM). A RDM é responsável pela distribuição de baterias a nível nacional e internacional, tonando-se a maior do país na área de baterias automotivas.

No início da década de 90, a Moura adquiriu outro importante parceiro tecnológico: a Moll Batteries, considerado pela Volkswagen AG e Audi, o seu melhor fornecedor de baterias do mundo. Por conta desta parceria, a Moura pôde começar a fornecer para a Volkswagen do Brasil em 1991. Outro importante parceiro tecnológico é

a multinacional GNB Technologies, fornecedor da Ford Inglaterra e Ford EUA e detentora da patente mundial para a fabricação de baterias com a chamada “Liga Ag”, tendo a Acumuladores Moura S.A. exclusividade no Brasil. As suas mais recentes parceiras são a Exide Corporation e a East Penn Manufacturing Company.

Em 1992, a Moura, com o objetivo de atender plenamente às necessidades do consumidor final e de se tornar a empresa mais competitiva do setor através da plena participação dos seus funcionários, implantou o seu Programa de Qualidade Total (PQT). Como consequência, em 1994, ela obteve a Certificação ISO 9001 e a vem mantendo até os dias atuais. Em 1999, obteve o certificado QS 9000, que é constituído pelas normas da série ISO 9000 acrescidas de exigências da indústria automotiva. Em dezembro de 2000, o American Bureau of Shipping Quality Evaluations (ABS) concedeu o certificado para a Acumuladores Moura S.A., que garante a qualidade total desde o projeto até a assistência técnica. Além desses certificados, a Moura também possui: Certificado Duns Number D&B 2008, Certificação ANATEL, Certificação de qualidade UMC, Excelência em Qualidade – Certificação Q1 da Ford Motor Company, ISO/TS 16949, ISO 14001.

Como resultado da fabricação e distribuição de baterias ao longo de vários anos, a Moura conseguiu evoluir e se destacar entre as principais montadoras do cenário mundial, aumentando a cada ano a sua produção de baterias, assim como as plantas industriais em diversas cidades. Dentre os principais acontecimentos de sua história destacam-se os seguintes:

- 1957 – Fundação da Acumuladores Moura em Belo Jardim – PE;
- 1966 – Fundação da Metalúrgica Moura;
- 1983 – Início das exportações para os Estados Unidos;
- 1983 – Início do fornecimento de baterias à Fiat Automóveis S/A.;
- 1984 – Lançamento da bateria para veículos movidos à álcool;
- 1986 – Inauguração da planta industrial de Itapetininga – SP;
- 1988 – Início do fornecimento de baterias à Volkswagen do Brasil;
- 1999 – Lançamento da bateria Moura com Prata;
- 2000 – Início do fornecimento de baterias à Iveco;
- 2000 – Lançamento da bateria estacionária Clean;
- 2001 – Lançamento da bateria tracionária LOG;
- 2002 – Início do fornecimento de baterias à Nissan;

- 2003 – Lançamento da bateria náutica BOAT;
- 2004 – Lançamento da bateria inteligente;
- 2005 – Início do fornecimento de baterias à Mercedes-Benz;
- 2006 – Lançamento da bateria LOG DIESEL;
- 2008 – Início do fornecimento de baterias à Cherry;
- 2009 – Início do fornecimento de baterias à GM;
- 2010 – Início do fornecimento de baterias à Kia Motors;
- 2011 – Inauguração da planta industrial na Argentina;
- 2011 – Lançamento da bateria Moura Clean Max;
- 2012 – Lançamento da nova bateria Moura Automotiva;
- 2012 – Lançamento da bateria Moura Moto;
- 2013 – Lançamento da bateria Moura VRLA;
- 2014 – Prêmio Valor 1000 – Melhor desempenho no setor de Veículos e Peças / Instituição: Valor Econômico – 1º Lugar;
- 2015 – Inauguração da Rede de Serviços Moura – RSM;
- 2015 – Lançamento da bateria estacionária Moura Nobreak;
- 2016 – Lançamento do óleo lubrificante Lubel;
- 2016 – Lançamento da nova bateria Moura Moto;
- 2017 – Lançamento da nova bateria Moura Automotiva;
- 2017 – Lançamento da Linha Solar;
- 2017 – Lançamento da Série 2V da Linha VRLA.

1.3. UNIDADES DA EMPRESA

A Moura encontra-se dividida em diversas unidades, tanto no Brasil quanto em países da América do Sul, onde cada unidade é responsável por um processo distinto para a obtenção final do produto. A empresa conta também com diversos distribuidores comerciais e mais de dois mil funcionários. A estrutura organizacional do Grupo Moura pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Estrutura Organizacional do Grupo Moura.

UNIDADE	PRODUTOS	LOCALIZAÇÃO
UN 01 – ACUMULADORES MOURA MATRIZ	Baterias sem carga para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição, montadoras, especiais e exportação	Belo Jardim – PE
UN02 – UNIDADE ADMINISTRATIVA	Centro administrativo	Jaboatão dos Guararapes – PE
ESCRITÓRIO SÃO PAULO	Centro administrativo	São Paulo –SP
ESCRITÓRIO RIO DE JANEIRO	Centro administrativo	Niterói – RJ
UN 03 – DEPÓSITO FIAT E IVECO	Baterias para a Fiat e Iveco em Minas Gerais	Betim – MG
UN 04 – METALÚRGICA	Reciclagem de baterias e ligas de chumbo	Belo Jardim – PE
UN 05 – INDÚSTRIA DE PLÁSTICO	Caixa, tampa e pequenas peças para baterias	Belo Jardim – PE
UN 06 – UNIDADE DE FORMAÇÃO E ACABAMENTO	Baterias para montadoras, reposição e especiais	Itapetininga – SP
UN 08 – MOURA BATERIAS INDUSTRIAIS	Baterias tracionárias e de moto	Belo Jardim – PE
BASA – DEPÓSITO ARGENTINA	Baterias para montadoras e reposição na Argentina	Pilar
WAYOTEK – DEPÓSITO PORTO RICO	Baterias para montadoras e reposição no Porto Rico	Carolina
RADESCA – DEPÓSITO URUGUAI	Baterias para montadoras e reposição na Uruguai	Montevideu
RIOS RESPUESTOS – DEPÓSITO PARAGUAI	Baterias para montadoras e reposição na Paraguai	Assunção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo diante de um cenário de crise no país, a Moura tem conseguido crescer, e com isso uma nova fábrica, a Unidade 10, está sendo construída para atender à crescente demanda de venda prevista para os próximos anos. A mesma foi projetada para ser uma réplica da Unidade 01, com capacidade de produzir mais de 7 milhões de baterias/ano.

Na área fabril desta UN-01 são montadas, formadas e acabadas baterias automotivas, náuticas e estacionárias. Estas são destinadas para dois tipos de mercados: carros novos e reposição em carros usados. 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 (UGBs):

- UGB 01 – Moinho;
- UGB 02 – Fundação de Grades;
- UGB 03 – Empastamento;
- UGB 04, 05 e 06 – Montagem;

- UGB 08, 09, 10, 11 e 12 – Formação e Acabamento.

A área de apoio engloba setores como engenharia, logísticos e toda a parte administrativa e financeira da unidade, tais como:

- DEMAI – responsável pela instalação das linhas de produção e da fábrica como um todo;
- GQT – responsável pela Gestão da Qualidade Total da fábrica;
- PCP – responsável pela logística;
- SIMA – responsável pela segurança industrial e meio ambiente.

A Unidade 04 (UN-04), também localizada em Belo Jardim – PE, é dividida em três UGBs: UGB - MA, UGB – Fornos e UGB - Refino. A UGB – MA é a responsável pela quebra de sucata de bateria e pela separação do material após a quebra em óxido, polipropileno (PP), metal e ácido. Trata-se da principal fornecedora de PP para a Unidade 05 (UN-05). Já a UGB – Fornos é a responsável pela acomodação dos óxidos e metais gerados em galpão de estocagem e pela geração de chumbo bruto a partir do processo de operação de fornos rotativos. E, finalmente, a UGB – Refino é responsável pela operação de refino do chumbo bruto até chegar às especificações determinadas, com mexedores e aplicação de determinados insumos para purificação do mesmo.

As ligas de chumbo produzidas na UN-04 são o produto final, sendo repassadas para a UN-01 e para o setor de pequenas peças da UN-05.

A UN-05 é a unidade responsável pela reciclagem do plástico das baterias, pela fundição de buchas, que é a base de encaixe dos terminais, e produção de caixas e tampas. Ela é subdividida conforme a seguir:

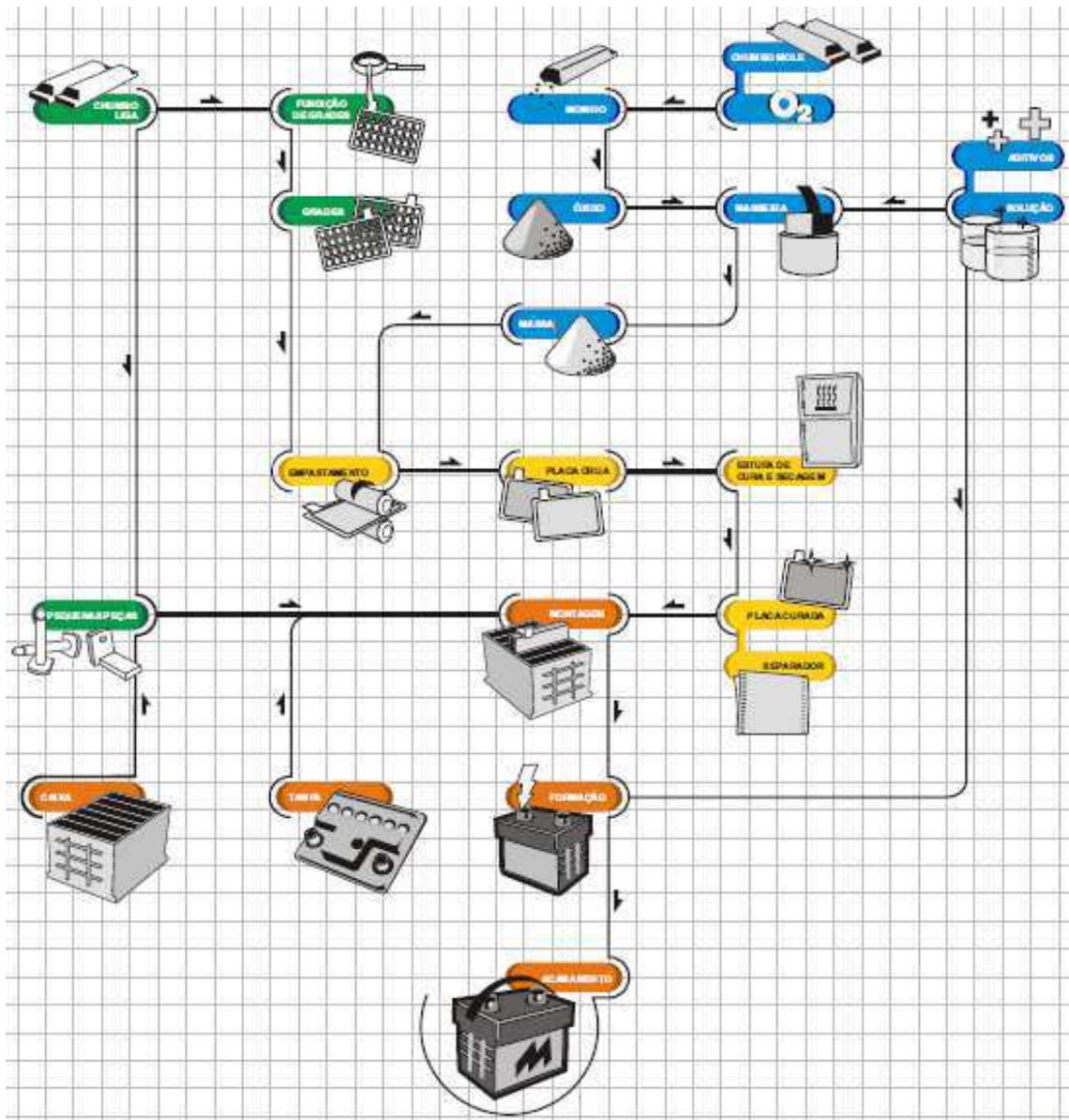
- IMPLA – setor de injeção de plásticos;
- REPLA – reciclagem de plásticos;
- Pequenas Peças – produção de buchas e terminais.

A unidade responsável pela produção das baterias industriais é a Unidade 08 (UN-08). Além de iniciar a fabricação de baterias para moto em março de 2015.

2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BATERIAS

As matérias-primas básicas para a produção de acumuladores chumbo-ácido são: chumbo (em diferentes composições, a depender do uso), ácido, água, aditivos, separadores e plástico. A Figura 6 apresenta um fluxograma simplificado para o processo de fabricação de baterias. Posteriormente, cada processo é apresentado, com detalhes para a produção do material ativo das placas.

Figura 6: Fluxograma do processo de fabricação de baterias de chumbo-ácido.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

2.1. MOINHOS

Na UGB 01, onde se encontram os moinhos, o processo é iniciado com o recebimento dos lingotes de chumbo, que após uma série de etapas finaliza-se com o armazenamento do monóxido de chumbo (pó). A UGB 01 possui 2 Moinhos CAM com capacidade de produção de 27 ton./dia de pó, cada, e 4 Moinhos Barton com capacidade de 18 ton./dia, cada.

Para a produção de óxido de Barton, o chumbo derretido (450°C) é alimentado, por meio de uma bomba, na grande panela de reação (reator) equipada com uma pá de alta rotação para agitar o chumbo. O reator é aquecido e o chumbo derretido é agitado e continuamente pulverizado. Um vapor de ar umidificado oxida o chumbo e transporta as partículas de óxido de chumbo para o classificador, onde os grãos grosseiros são separados das partículas finas e depois retornam para o reator. Estas partículas grosseiras são oxidadas, dispersas e voltam para o classificador. Um sistema de limpeza (coletor de pó) para a saída de ar garante baixos níveis de emissão de pó para a atmosfera. Na Figura 7.a tem-se uma fotografia do esquema de produção de óxido de Barton e na Figura 7.b tem-se uma visão do reator para produção mesmo.

Figura 7: (a) Imagem do sistema completo para produção de óxido de Barton. (b) Imagem com foco no reator para produção de óxido de Barton.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Como a oxidação do chumbo é uma reação exotérmica, quantidades consideráveis de calor são produzidas na panela de reação. A temperatura da reação deve ser controlada com muito cuidado, uma vez que esta variável é determinante para o tipo de óxido de chumbo produzido. A panela do reator deve ser mantida entre 460°C e 470°C .

Nestas condições, pequenas quantidades (menor que 15%) de β -PbO são formadas e parâmetros subsequentes da bateria são virtualmente não afetados.

A temperatura no reator depende da quantidade e velocidade do fluxo de ar umidificado na panela. Além de funcionar como catalisador da reação de oxidação, a água abaixa a temperatura na panela e fornece oxigênio adicional para a câmara de reação. Os fluxos de chumbo derretido e ar garantem a geração de energia suficiente durante a oxidação do chumbo.

O óxido de chumbo obtido com partículas suficientemente pequenas e composição de fases aceitáveis passa através de uma série de ciclones separadores e de um coletor de pó para remover o pó da corrente de ar e então é transportado para o silo. O processo é inteiramente monitorado por sensores e controlado por computador (PAVLOV, 2011).

Já o processo do moinho de bolas (óxido de atrito), CAM, é baseado em reações em fase sólida, e opera com uma faixa de temperatura entre 70 e 180 °C. No processo de moinho de bolas, pequenos cilindros de chumbo são sujeitos à oxidação. Estes cilindros são alimentados em um grande tambor de aço que gira em torno de seu eixo horizontal. Dentro do tambor que gira, as peças de chumbo friccionam-se e batem umas contra as outras.

A energia gerada pelo atrito entre as peças de chumbo é suficiente para iniciar a reação de oxidação na superfície. Como esta reação é exotérmica, o calor envolvido (983 kJ.kg⁻¹) sustenta a temperatura de oxidação e o excesso de energia é dissipado pelo resfriamento do tambor, por meio da aspersão de ar frio e de água através do reator. A temperatura do tambor é mantida a um valor no qual a superfície de chumbo oxide facilmente. O fluxo de ar aspirado através do moinho tem mais duas funções: fornecer oxigênio para o processo de oxidação e para arrastar o pó de óxido de chumbo obtido. O ar é geralmente fornecido por duas fontes: através do orifício de entrada utilizado para alimentar o chumbo no moinho e de uma alimentação direta de ar frio.

A taxa da reação exotérmica deve ser cuidadosamente monitorada e controlada, ajustando os fluxos de água e de ar. Após a separação, as partículas de óxido de chumbo grosseiras são devolvidas ao moinho para maior moagem e oxidação. Os ciclones separadores e o coletor de pó são utilizados para recolher o pó de óxido de chumbo com um tamanho das partículas determinado. O ar é recirculado e parte dele sai por meio de

um filtro de modo a manter a concentração de emissões de chumbo na exaustão abaixo de 1-2 mg.m⁻³.

A taxa de produção do processo de moinho de bola é proporcional à velocidade de rotação do tambor. A energia necessária para a produção de uma tonelada de óxido de chumbo é relativamente constante quando o moinho opera entre 55 e 90% da sua velocidade de rotação crítica. Esta corresponde à velocidade de rotação de tambor em que os cilindros de chumbo aderem às paredes sob a ação de forças centrífugas e não friccionam umas contra as outras.

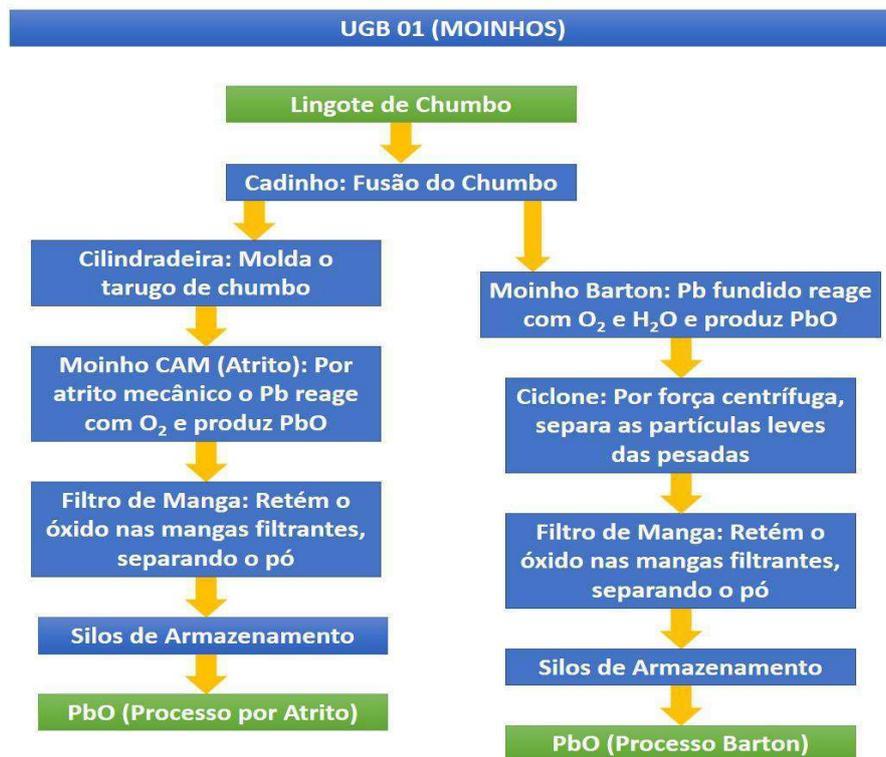
As etapas realizadas no decorrer do processo na UGB 01, conforme visto na Figura 8, são:

- **Fusão do chumbo:** Os lingotes de chumbo, também chamados de chumbo mole, são transportados até uma máquina denominada Cadinho, que aquece o chumbo até torná-lo líquido.
- **Cilindragem do chumbo:** Após a fusão, o chumbo derretido passa por uma máquina chamada Cilindradeira, que é responsável por moldar o chumbo para tomar o formato cilíndrico, chamado de tarugo.
- **Moagem do chumbo:** Nesta etapa, o tarugo é transportado por meio de elevador e esteira até o moinho (**Moinho CAM/Atrito ou Moinho Barton**), onde reage com O₂ e H₂O, que funciona como catalisador, formando o monóxido de chumbo (PbO) em forma de pó. A reação é exotérmica, ou seja, a energia é transferida do meio interior para o exterior ocorrendo liberação de calor, assim, o resfriamento é realizado por meio de tubulações de água que trocam calor com o meio aquecido.
- **Filtragem do monóxido de chumbo:** O monóxido de chumbo é transportado por meio de um exaustor e separado do ar por um Filtro de Manga. Um exaustor é utilizado para conduzir o monóxido de chumbo até o filtro, que retém o óxido nas mangas filtrantes e em seguida, por meio de jatos pulsantes, desprende o monóxido de chumbo.
- **Armazenagem do monóxido de chumbo:** Após a filtragem e separação do monóxido de chumbo, o mesmo é armazenado em Silos e passa por uma maturação de aproximadamente 48 horas para que possa ser utilizado nas demais etapas do processo de fabricação das baterias.

O óxido de chumbo deve satisfazer alguns critérios de qualidade para garantir a capacidade e a vida das baterias e satisfazer os requisitos industriais de processo. A seguir, estão listados os principais parâmetros que devem ser monitorados.

- **Teor de Chumbo Livre:** O chumbo livre corresponde ao regente (chumbo metálico) que não sofreu oxidação e praticamente não reage com o ácido acético diluído, enquanto que o óxido de chumbo (ambas as modificações) é facilmente dissolvido. Essa propriedade destes dois componentes é a base do método de determinação. O teor de chumbo metálico livre é uma característica que deve ser acompanhada continuamente. A amostra deve ser representativa do material produzido ou armazenado. Entretanto, isso se mostra complicado na prática, uma vez que o chumbo e o óxido de chumbo tendem a se separar durante o processo de produção, além de conteúdos de bateladas anteriores podem vir a contaminar a amostra. Para tomada de forma mais homogênea são utilizados dosadores, os quais são programados para coleta da amostra ao longo do tempo. Variações de $\pm 4\%$ são aceitáveis.
- **Capacidade de Absorção de Ácido:** A reação do óxido com o ácido sulfúrico é um importante fator para o posterior empastamento e processo de produção da bateria. Então a quantidade deste ácido que pode ser consumido por uma amostra sob certas condições definidas torna-se um significativo critério de qualidade. De um grão muito fino de óxido de chumbo deve-se esperar transformar-se totalmente em sulfato de chumbo em excesso de quantidade de ácido sulfúrico. Para um óxido puro, isto deverá significar uma absorção de ácido de 440 mg/g e para 70% de óxido uma absorção de aproximadamente 310 mg/g.
- **Capacidade de Absorção de Água:** A importante propriedade de um óxido formar uma massa de fácil processabilidade é comprovada pelo teste de absorção de água. Neste caso, o óxido é misturado com água pura e a consistência do resultado da pasta determinado por um penetrômetro. Este é em forma de cone e a queda de um peso alcança uma definida profundidade da pasta a certa altura de queda. O óxido tem que ser misturado com uma quantidade de água onde uma boa profundidade é obtida.

Figura 8: Fluxograma dos Moinhos



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2. GRADES

Na UGB 02 são produzidas tanto grades para placas positivas quanto para negativas, que se diferem de acordo com a quantidade dos elementos de cada liga.

Dois processos distintos são utilizados para a fabricação das grades: grades enfiadas e grades laminadas, conforme visto na Figura 9.

O processo das grades enfiadas é formado pelas seguintes etapas:

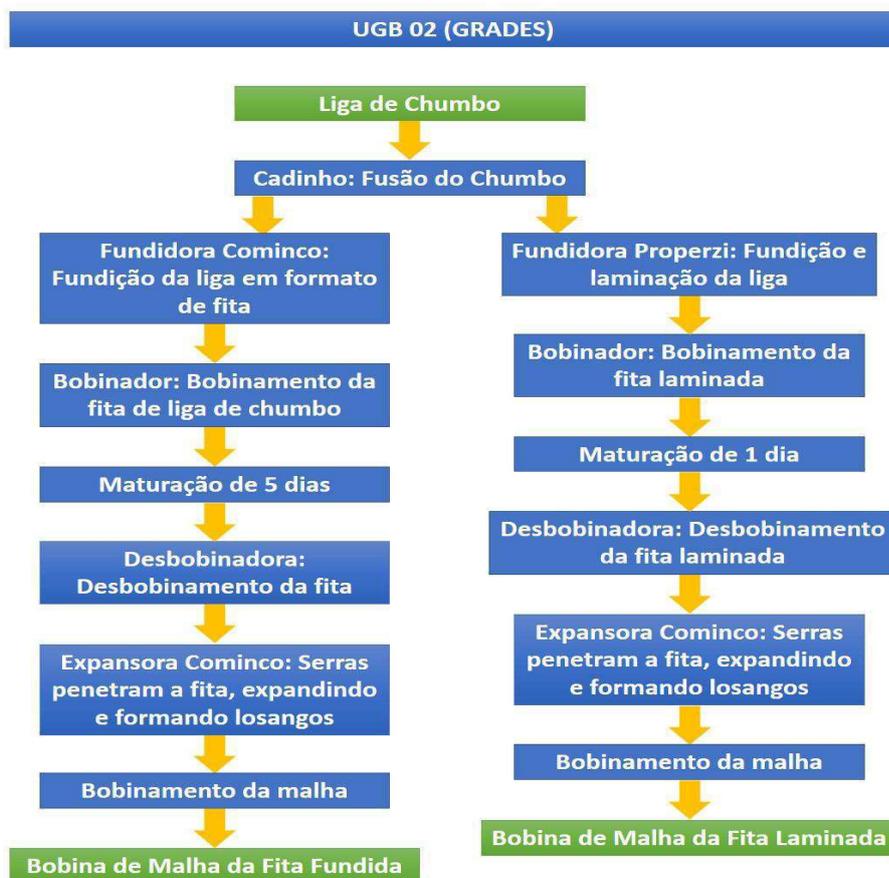
- **Fusão da liga de chumbo:** A fusão é feita no Cadinho, que aquece e derrete a liga com temperaturas em torno de 450 °C.
- **Fundição e Enfitamento:** A fundição e o enfitamento são realizados na Fundidora Cominco, na qual o chumbo é resfriado para se obter o formato de fitas no estado sólido.

- **Corte e Bobinamento:** Após a fundição, a liga torna-se fita e passa por um Bobinador responsável por enrolá-la em bobinas e fazer o corte.
 - Depois de produzidas, as fitas fundidas não têm resistência mecânica suficiente e ficam estocadas por 5 dias para maturação, ocorrendo a migração dos elementos de liga para o contorno de grão.
- **Desbobinamento:** Após a maturação, as fitas passam pela Desbobinadora.
- **Expansão:** A expansão das fitas é feita pela Expansora Cominco, na qual serras penetram a fita, expandindo e formando losangos, passando a se chamar Malha.
- **Bobinamento:** Bobinamento da malha.

Para as grades laminadas, as etapas são:

- **Fusão da liga de chumbo:** A fusão é feita no Cadinho.
- **Fundição e Laminação:** A fundição e a laminação são realizadas na Fundidora Properzi.
 - Depois de produzidas, as fitas laminadas não têm resistência mecânica suficiente e ficam estocadas por 1 dia para maturação.
- **Controle da Largura e Espessura:** O controle da largura e da espessura é realizado pela Laminadora.
- **Corte e Bobinamento:** Em seguida, ocorre o corte e o bobinamento da liga no formato de lâmina.
- **Desbobinamento:** Após a maturação, as fitas laminadas passam pela Desbobinadora.
- **Furação da Fita:** A fita deve estar bem alinhada, então, ocorre a furação.
- **Expansão:** Em seguida, a fita passa pela Expansora Roche, na qual serras penetram a fita laminada, expandindo e formando losangos, passando a se chamar Malha.
- **Planificação e Corte:** Por fim, ocorre a planificação da grade e o corte da “orelha”.
- **Bobinamento:** Bobinamento da malha.

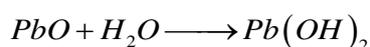
Figura 9: Fluxograma da produção de Grades.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3. EMPASTAMENTO

Na fabricação de placas positivas e negativas para as baterias chumbo-ácido são utilizadas massas de óxido de chumbo saturada com água e sulfatada. Normalmente, a água é adicionada ao óxido antes do ácido H_2SO_4 (densidade em torno de 1.400 g/L) e é adsorvida na superfície do óxido com formação de $Pb(OH)_2$, de acordo com a seguinte reação:



A adição de água é requerida antes da adição de ácido porque o óxido precisa estar altamente alcalino (pH entre 8 e 10), antes de reagir com o ácido. A mistura de óxido e água é muito mole e flui facilmente. Com a adição de H_2SO_4 , energia é liberada e a

pasta torna-se cada vez mais dura. Este deve ser adicionado lentamente de modo a evitar uma excessiva elevação da temperatura na mistura, além de evitar a formação de “massa queimada”, os quais são grumos (torrões) de PbSO_4 .

A mistura de Pb(OH)_2 e H_2SO_4 na massa caracteriza-se como uma reação neutralizadora. À medida que o Pb(OH)_2 , o qual age como um álcali fraco, reage com H_2SO_4 , PbSO_4 é formado, o qual se comporta como um sal de ácido no início. Este continua a reagir com o PbO remanescente para formar uma série de sulfatos básicos de chumbo, começando em $\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4$ para $3\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (3SB) na pasta úmida. Caso elevadas temperaturas ($>73^\circ\text{C}$) sejam mantidas durante longos tempos de mistura, os cristais tribásicos (3SB) transformam-se em tetrabásicos, ou 4SB ($4\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4$). A formação deste termina a reação de neutralização. Se a reação continuar quando os cristais 4SB tiverem crescido muito, a pasta não terá um “rangido”, nem boa consistência para empaste. Este problema é mais evidente nas pastas com conteúdo maior de PbSO_4 e ácido.

As temperaturas da massa são controladas para não excederem 48°C , antes da liberação para o empastamento, com o propósito de limitar a perda de umidade. Nos picos de temperatura, a pasta contém principalmente 3SB, α - PbO residual e 16-18% de chumbo livre, caso tenha sido utilizado um óxido com 22% de Pb livre. A concentração de 3SB dependerá da quantidade de H_2SO_4 adicionada.

As principais fontes de energia adicionadas e removidas durante o processo são:

- a. Calor de umidificação pela água – adicionada ao sistema;
- b. Calor de hidratação – adicionada ao sistema;
- c. Calor da diluição prévia– perdido antes da mistura, criando um efeito resfriador depois da reação;
- d. Calor da diluição por água da massa – adicionada ao sistema, mas subtraído após a reação;
- e. Calor da reação – adicionada ao sistema;
- f. Trabalho mecânico convertido em calor – adicionada ao sistema.

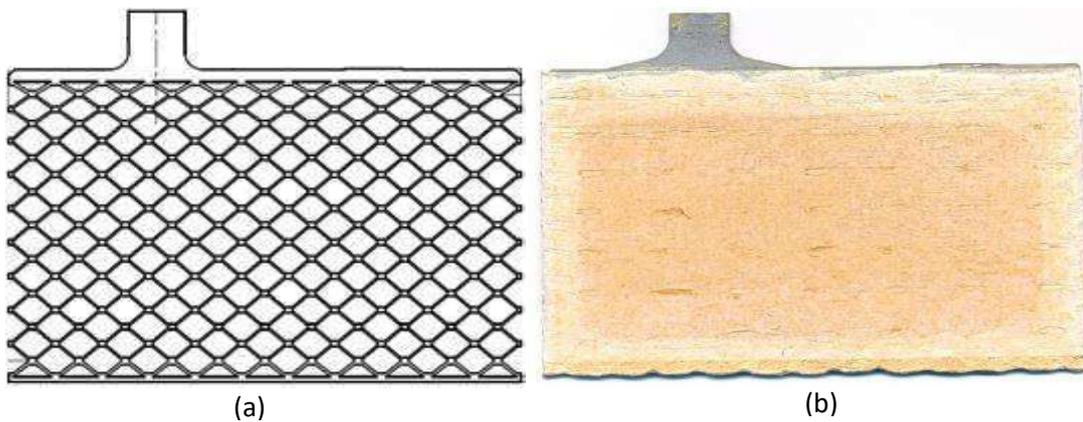
Os principais aditivos utilizados na massa negativa são: vanisperse, negro de fumo, sulfato de bário e fibra sintética. Enquanto que apenas esta última e o perborato de sódio são utilizados na massa positiva. As funções mais importantes destes são:

- a. Vanisperse:

- Aditivo orgânico;
 - Aumenta a vida útil da bateria;
 - Confere maior capacidade para partida a frio;
 - Aumenta a capacidade de reserva.
- b. Negro de Fumo
- Composto principalmente de carbono;
 - Aumentar a condutividade elétrica da massa ativa de chumbo no final da descarga, quando aumentam substancialmente os cristais de PbSO_4 no material ativo negativo (NAM);
 - Aumentar a área superficial da NAM eletroquimicamente, aumentando a aceitação de carga nas placas negativas durante a ciclagem
- c. Sulfato de Bário
- Serve como centro de nucleação para crescimento dos cristais de PbSO_4 . Assim a adição de BaSO_4 reduz a supersaturação da solução nos poros da massa ativa negativa;
 - Pela facilitação do processo de cristalização, reduz a deposição de uma contínua camada de passivação de PbSO_4 , o qual impede o processo e reduz a capacidade da placa. Portanto, aumenta a vida útil da bateria por meio de processos de cristalização.
- d. Fibra Sintética
- Contribui para as características físicas da massa. Com ausência da mesma, a pasta ficaria com aspecto esfarelado;
 - Contribui para a adesão massa-massa;
 - Contribui para a estrutura física da placa.

Uma vez com a pasta preparada, é possível a criação da placa propriamente dita pela sobreposição desta na grade de chumbo. Existem vários tipos de grades diferenciados: fundida, estampada, laminada, expandida, etc. Dentre essas tecnologias, esta última é a mais utilizada recentemente. O empaste consiste nesse espalhamento da massa sobre a grade, conferindo estrutura física mais rígida e proporcionando uma forma de conectar placas entre si, por meio de soldas. Na Figura 10 tem-se uma ilustração da grade e da placa.

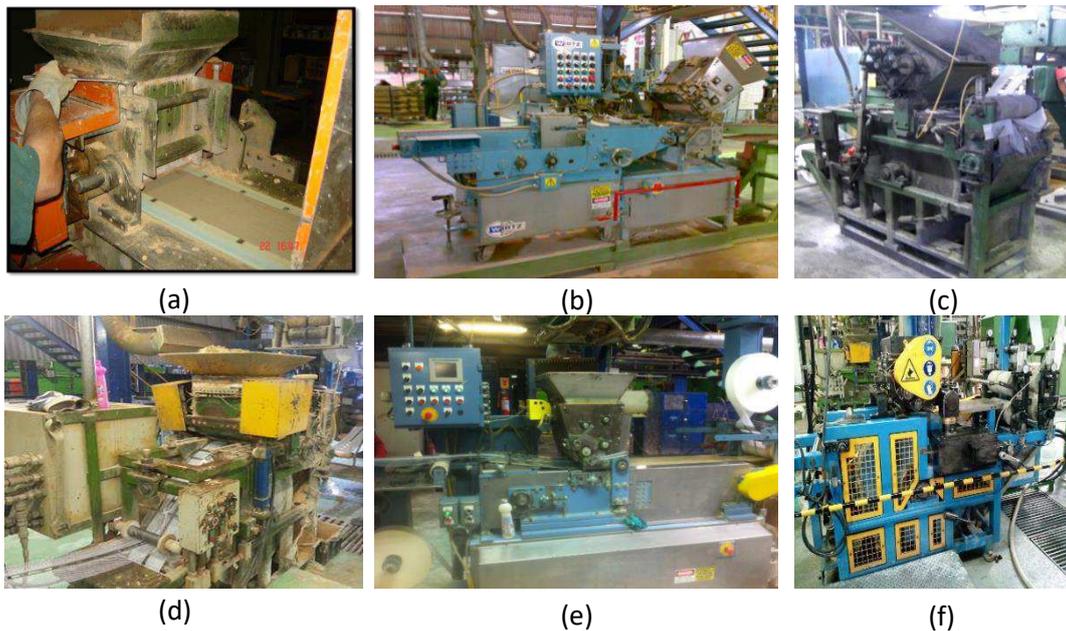
Figura 10: Imagem ilustrativa da (a) grade e (b) placa.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

A principal função da empastadeira (Figura 11) é aplicar a massa na grade e é composta principalmente por (i) Alimentador de grade, (ii) Cabeçote, (iii) Túnel de secagem, (iv) Final de Linha.

Figura 11: Principais modelos de empastadeira: (a) MAC, (b) FOP, (c) Tambor (Cominco), (d) Tambor (Properzi), (e) Steel Belt, (f) Frimax.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

As etapas (Figura 12) podem ser descritas da seguinte maneira: inicialmente, os rolos com fitas de chumbo são expandidos e há a formação das orelhas e da grade de diamantes; em seguida, o espalhamento da massa sobre a grade com a aplicação de papel em ambos os lados, há uma divisão da malha empastada, obtendo-se assim as placas para

posterior secagem e empilhamento para que sejam direcionadas para o processo de cura e secagem.

- **Masseira:** Mistura dos aditivos respectivos de cada placa e do óxido de chumbo, além do ácido sulfúrico (H_2SO_4) e da água desmineralizada (H_2O). Cada masseira utiliza cerca de 1000 kg de óxido por batelada.
- **Desbobinamento das grades:** Em seguida, as grades passam por uma máquina que faz o desbobinamento das bobinas de grades.
- **Cabeçote:** Após desbobinadas, as grades passam pelo Cabeçote, onde ocorre o empastamento. A massa pronta é depositada sobre um cabeçote que a comprime contra as grades, formando as placas.
- **Divider:** As placas passam então pelo Divider, que faz o corte para tomar o formato desejado.
- **Túnel de secagem:** As placas empastadas e cortadas passam agora por um túnel de secagem com o objetivo de diminuir a umidade de cada placa, que deve estar em torno de 9 a 12%.
- **Estufa:** Por fim, as placas devem passar por um processo de cura que ocorre em estufas com temperatura e umidade controladas. Após o processo de cura, elas serão utilizadas na Montagem.

2.4. CURA E SECAGEM

O processo de cura de placas é um processo crítico para fabricação de baterias, o qual afeta a qualidade e a vida, bem como a produtividade da empresa. Durante o processo de cura, as partículas da massa estão interligadas para formar uma forte massa porosa ininterrupta (esqueleto) que, por sua vez, está firmemente ligada à rede.

Tipicamente, após serem parcialmente secas no túnel de secagem, as placas são dispostas em pilhas (empilhados) e arranjadas em paletes. Em seguida, são encaminhadas com uma empilhadeira para um sistema de cura em estufas, tipicamente do tipo batelada. Os paletes são dispostos horizontalmente e/ou verticalmente. Deve haver espaço vazio suficiente em torno dos paletes para permitir a livre circulação do ar e favorecer um processo de cura e secagem mais homogêneo. Essa livre circulação de ar ao longo da estufa é tão essencial quanto temperatura e umidade para uma cura uniforme das placas

em todas as partes da câmara. A distribuição uniforme do fluxo de ar dentro da câmara é complicada pelo carregamento irregular da câmara.

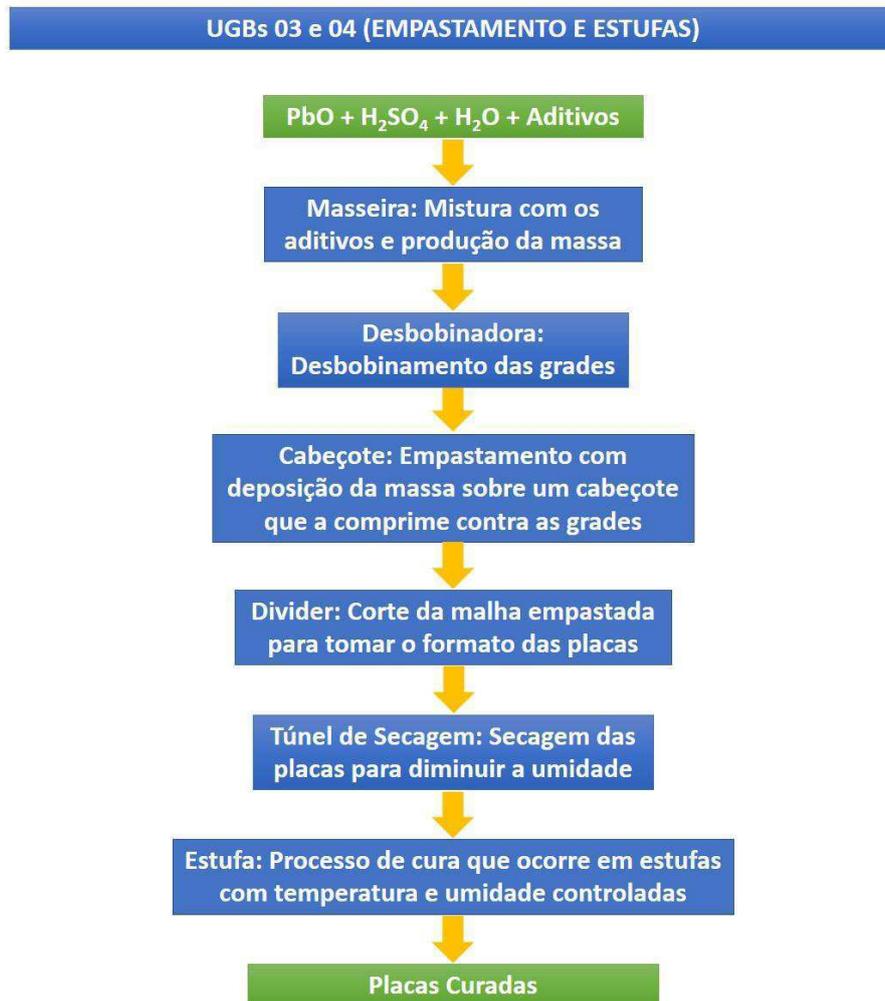
Melhor circulação de ar pode ser conseguida quando o ar é introduzido pela lateral da câmara, forçado a fluir em toda a sua altura e comprimento e levado para fora da câmara através da saída no lado oposto. Neste caso, o ar fluirá quase uniformemente sobre os paletes com placas empilhadas. Tipicamente, as câmaras de cura possuem ventiladores ou exaustores montados no teto de modo a favorecer a renovação do ar interno. A umidade e temperatura são controladas ao longo da cura e secagem e perfis podem ser implementados de modo a otimizar o processo, considerando a carga da estufa, tipos de placa, sua disposição na câmara entre outros parâmetros. Além disso, é possível utilizar água atomizada ou na forma de vapor para aumentar a umidade relativa no interior da estufa (NAPOLEON, 1987).

De acordo com PAVLOV (2011), os principais fenômenos que ocorrem durante o processo de cura são:

- A massa porosa rígida da placa é formada nesta etapa. Os cristais presentes na massa crescem em tamanho. A água contida em finas lâminas de líquido entre as partículas evapora como consequência da ligação dos cristais 3SB ou 4SB e partículas PbO em um esqueleto rígido;
- Quando a cura é conduzida a temperaturas acima de 80°C, a pasta 3SB é convertida em massa curada 4SB;
- Chumbo livre residual na pasta é oxidado. Este é o chumbo presente no óxido de chumbo que permaneceu sem sofrer oxidação durante o processo de produção da massa;

A liga da grade é oxidada e uma camada de corrosão forma na superfície da grade que a torna fortemente ligada à pasta curada.

Figura 12: Fluxograma de Empastamento e Cura.



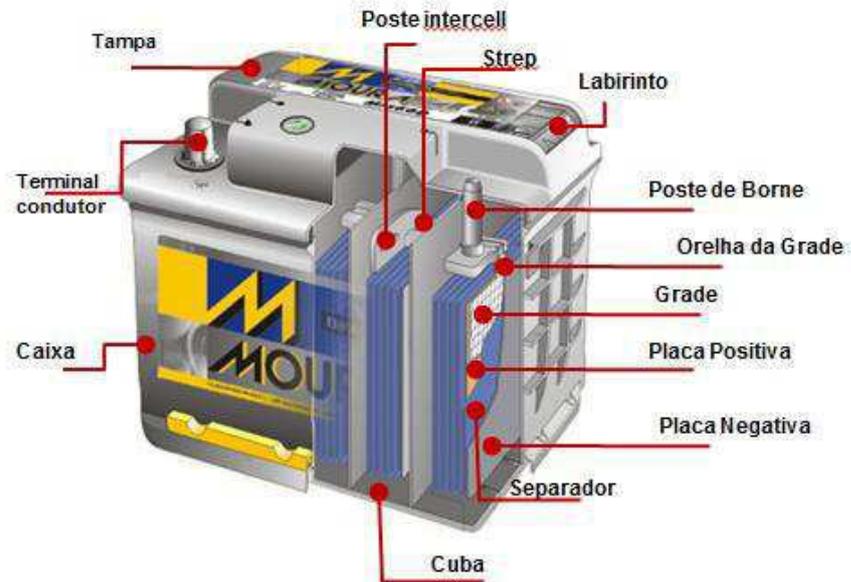
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5. MONTAGEM

Após o processo de secagem, as placas dispostas em cavaletes são direcionadas para o estoque e, em seguida, para o processo de montagem. Este consiste na organização das placas positivas e negativas de modelos especificados para cada bateria, juntamente com um separador microporoso em elementos. Estes são dispostos em cubas presentes no interior de uma caixa de polipropileno. São realizadas conexões, conhecidas por soldas *intercell* entre elementos. Por fim, a tampa é selada e as baterias montadas são dispostas

em paletes para o transporte. Os principais elementos da bateria montada são apresentados na Figura 13.

Figura 13: Principais componentes de uma bateria montada.



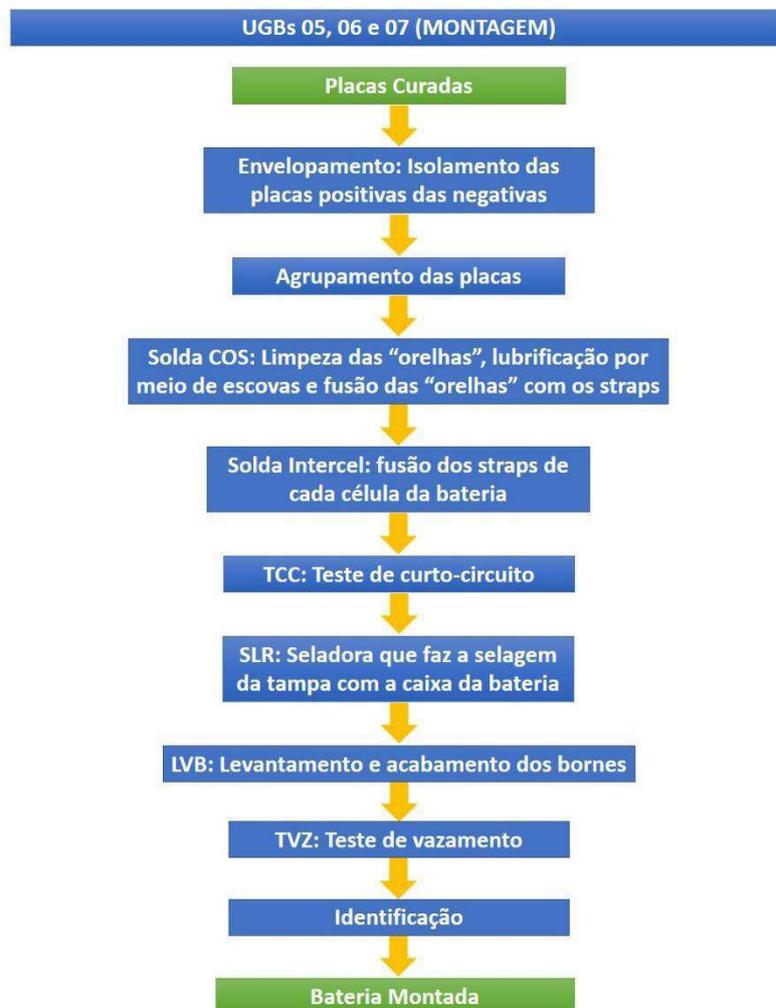
Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

A Montagem é realizada nas UGBs 05, 06 e 07, consistindo das seguintes etapas, conforme pode ser visualizado na Figura 14:

- **Envelopamento:** Com as placas positivas e negativas já finalizadas, é realizado o envelopamento das placas negativas com o objetivo de isolar as placas positivas das negativas.
- **Solda COS:** Após o envelopamento, as placas positivas e negativas são distribuídas de acordo com uma ordem para cada tipo de bateria e passam pela Solda COS, onde ocorre a limpeza das “orelhas” e a lubrificação por meio de escovas, a fusão das “orelhas” forma os *straps* por meio de moldes e em seguida são colocadas na caixa da bateria. Testes da fusão das orelhas com os *straps* são realizados em determinados intervalos de tempo.
- **Solda Intercel:** Em seguida, é realizada a fusão dos *straps* de cada célula da bateria. Em determinados intervalos de tempo são feitos testes da fusão dos *straps*.
- **TCC:** Realiza-se então o teste de curto-circuito, para verificar se as células estão em curto.

- **SLR:** Em seguida, as baterias passam pela Seladora (SLR), que faz a selagem da tampa com a caixa da bateria. Testes são feitos para verificar a qualidade dessa selagem.
- **LVB:** Faz-se então o levantamento e o acabamento dos pólos pela LVB ou de forma manual em algumas linhas.
- **TVZ:** Em seguida, é feito o teste de vazamento **TVZ**, que verifica vazamentos na caixa da bateria.
- **Identificação:** Por fim, faz-se a identificação das baterias na caixa.

Figura 14: Fluxograma da Montagem da Bateria.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.6. FORMAÇÃO E ACABAMENTO

O processo de formação consiste na conversão do material ativo presente nas placas, PbSO_4 , em dióxido de chumbo (PbO_2) nas placas positivas, e chumbo metálico esponjoso (Pb) nas placas negativas. Para tanto, as baterias montadas são preenchidas com solução de ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, e dispostas em bancos para o processo de injeção de carga (formação). As baterias no interior dos bancos são circundadas de água de modo a auxiliar a dispersão do calor gerado durante as reações de formação. As baterias são dispostas em circuitos e a quantidade destes depende do tamanho do banco de formação. Em seguida, uma fonte externa transfere energia elétrica para as baterias de forma monitorada e controlada. Nesse momento iniciam-se as reações de carga, e o material ativo das placas é eletroquimicamente transformado.

A Formação é o processo que tem como objetivo formar eletroquimicamente a bateria, dando a carga inicial. As baterias são enchidas com uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e em seguida são carregadas sob correntes e temperaturas controladas. Nesse processo, ocorre a conversão do monóxido de chumbo (PbO), precursor, em dióxido de chumbo (PbO_2), placa positiva, e em chumbo esponjoso (Pb), placa negativa.

Os elementos necessários para a realização da formação são a bateria crua (montada), a solução ácida, energia e programação/demanda. O processo inicia-se com a desmineralização da água para utilização no preparo de solução. Utilizam-se desmineralizadores para retirar os sais da água, que passa por filtros como o Filtro de Areia (filtra partículas maiores), o Filtro de Carvão (retira o odor da água), o Filtro de Resina Catiônica (retém íons positivos) e o Filtro Aniônico (retém íons negativos). Para verificar a qualidade da desmineralização, realizam-se periodicamente testes de condutividade da água, se a condutividade for acima de $20 \mu\text{S}$ significa que há um excedente de sais, portanto, a água deve continuar no processo de desmineralização para evitar a formação de pilhas de íons nas placas.

Em seguida, ocorre a produção da solução ácida utilizada nas baterias. Em tanques é feita a mistura da água com o ácido sulfúrico, adicionando-se também sulfato de sódio para evitar microcurtos. Essa reação é exotérmica e a temperatura dos tanques fica em torno de $90 \text{ }^\circ\text{C}$, por isso utiliza-se uma tubulação de ar comprimido para

homogeneizar e resfriar a solução, além de uma tubulação para retirar o material e armazenar em outros tanques (com capacidade de 20.000 litros de solução cada).

Após fabricada e estocada, a solução é bombeada para uma plataforma superior, que por ação da gravidade distribui de acordo com a demanda. As etapas que ocorrem no processo de formação das baterias são:

- **MEN:** Máquina de Encher e Nivelar responsável pelo enchimento e nivelamento da solução da bateria.
- **Bancos para Formação:** Após enchidas, as baterias vão para os bancos onde ocorre o carregamento. Elas são ligadas em série em quantidades que variam de acordo com o tipo de bateria e passam pelo processo de carregamento sob correntes e temperaturas controladas.
 - A temperatura é controlada por meio da troca de calor das baterias com água resfriada. O resfriamento da água ocorre em torres de resfriamento agindo através da aspiração do ar, que recebe uma contracorrente que descarrega o ar úmido para cima.

Após o processo de formação, o nível de eletrólito é reduzido e torna-se mais concentrado do que no momento do enchimento. De modo que as baterias sejam entregues ao cliente com uma solução homogênea e de nível e densidade controladas, no processo de acabamento, há um nivelamento com eletrólito de concentração conhecido. Em seguida, as baterias são lavadas, passam por testes, são seladas com uma sobretampa e recebem um acabamento final. Após receberem o rótulo, garantia e serem paletizadas, são direcionadas para o centro de distribuição.

As etapas do processo de acabamento de baterias, conforme Figura 15, são:

- **MAN:** Máquina Automática de Nivelar responsável pelo nivelamento da solução bateria.
- **TN:** Teste de Nivelamento.
- **MLS:** Máquina de Lavagem e Secagem da bateria.
- **SLR:** Colocação da sobretampa e selagem na Seladora.
- **TVZ:** Em seguida, é feito o Teste de Vazamento na bateria.
- **MLB:** Máquina de Lixar Bornes que faz a fixação e o polimento dos bornes ou polos da bateria.

- **TAD:** Teste de Auto Descarga, no qual medem-se a tensão de circuito aberto (TCA) e a tensão de circuito fechado.
- **DIE:** Teste de Dielétrico com aplicação de 6 kV no borne da bateria para verificar a fuga de corrente.
- **Pesagem** da Bateria
- **MRT:** Máquina de Rotular.
- **TV:** Teste de Visão que verifica a conformidade da rotulagem.
- **PLT:** Plastificação da Bateria.
- **Identificação:** Aplicação de um código de identificação.
- **Aplicação da alça e paletização.**

Figura 15: Fluxograma da formação e acabamento de baterias.



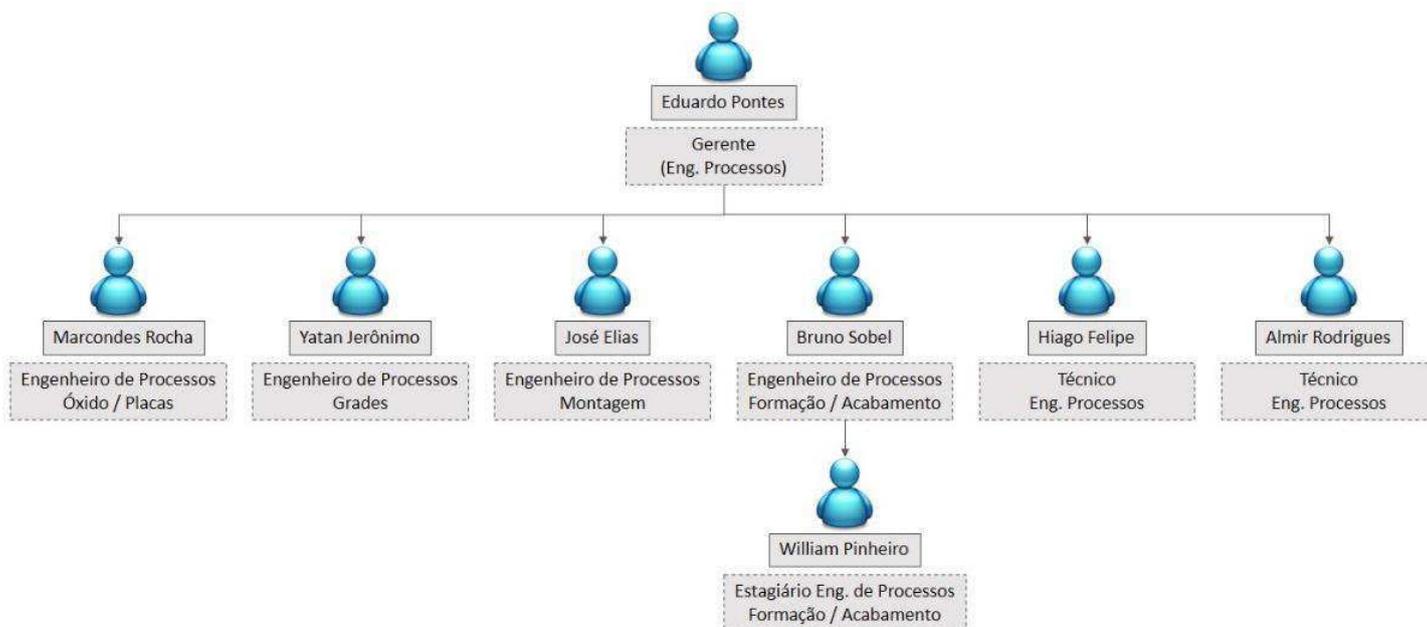
Fonte: Elaborado pelo autor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos desenvolvidos no estágio foram realizados na Engenharia de Processos da UN-01 da empresa Acumuladores Moura S.A.. Este setor atua como apoio à produção de baterias e desempenha, dentre várias funções: a elaboração e modificação de documentos, a busca por oportunidades que possam reduzir custos e/ou aumentar os lucros e a produtividade, projetos de melhoria dos processos, utilizando-se da metodologia do WCM e aplicando ferramentas como o PDCA, acompanhamento de padrões de processos, padronização de processos produtivos, controle de parâmetros de processo, adequando-os às necessidades exigidas para o produto e às limitações impostas pelo meio produtivo, além de garantir a excelência da qualidade do produto, de modo a satisfazer o cliente.

O departamento utiliza de conhecimentos técnicos e/ou de engenharia de modo a contribuir para o processo de produção de baterias, o qual apresenta uma grande quantidade de variáveis importantes. É papel também do profissional desse setor intervir na produção caso seja necessário o tratamento de alguma anomalia. O setor está organizado de modo que cada processo possui um engenheiro do departamento responsável, de acordo com o organograma apresentado na Figura 16.

Figura 16: Organograma da Engenharia de Processos da UN 01.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no organograma apresentado, nota-se que a ênfase dos trabalhos realizados durante o período de estágio foi direcionada às Unidade de Gerenciamento Básicas (UGB) responsáveis pela formação e o acabamento das baterias.

Dentre as atividades realizadas, foram desenvolvidos projetos direcionados principalmente para a qualidade do processo e da bateria, visando otimizar métodos para reduzir os defeitos na garantia e também na criação de novos processos. O principal destes tratou das Máquinas de Enchimento e Nivelamento, em que foi visto uma possibilidade de melhoria no processo, além da criação de novos procedimentos operacionais e desenvolvimento de um projeto piloto na formação de baterias. Nestes projetos, foi utilizada a metodologia PDCA, a qual estabelece a sequência: Planejar, Executar, Verificar e Agir.

3.1. MELHORIA NO SISTEMA DE ENCHIMENTO E NIVELAMENTO

Este projeto contempla as seções de formação das baterias, onde elas recebem a solução de ácido sulfúrico e são carregadas. O mesmo surgiu da necessidade de redução das variações que ocorrem no processo de enchimento, uma vez que a desconformidade nos níveis de solução no enchimento influencia na má formação das baterias, além de contaminar o meio com o transbordo de solução.

Entre os benefícios e ganhos do projeto, estima-se: redução da variação da tensão final das baterias; redução do *scrap* de baterias queimadas; redução da contaminação da água dos banhos aumentando a vida útil de todas as estruturas mecânicas, elétricas, pisos e arredores; melhor qualidade da formação das placas, devido à eliminação da fuga de corrente e redução da quantidade de carga aplicada na formação.

Foi seguida a metodologia PDCA no desenvolvimento do projeto e encontrou-se uma oportunidade de melhoria. A partir disso, foram definidas as metas e os objetivos para o projeto. Nas próximas subseções serão descritas as etapas do projeto, por meio de algumas ferramentas do PDCA.

3.1.1. PLANEJAR (PLAN)

Inicialmente, foi necessário conhecer e clarificar o problema proposto, e foram identificados os seguintes pontos:

1. No processo de enchimento das baterias ocorrem desconformidades nos níveis de solução;
2. No processo ocorre visualmente o transbordo de solução durante o enchimento;
3. O nivelamento influencia muito no nível de retrabalho das baterias (tensão, autodescarga, desempenho elétrico, capacidade, etc.).

De modo a tornar claro o problema, foram respondidas as seguintes perguntas:

- a) O que está ocorrendo?
- b) Onde está ocorrendo?
- c) Quando ocorre?
- d) Quem influencia no processo?
- e) Qual a tendência da ocorrência?
- f) Como ocorre?

O resumo das respostas para as perguntas foi:

“Sempre que as baterias são enchidas com solução de ácido sulfúrico, uma vez que não há vácuo para executar o nivelamento, ocorrem variações no enchimento das baterias, nas Seções 5, 6, 7 e 8 da Formação, durante o processo de enchimento, sem tendência, com a influência de operadores e mantenedores.”

Entre os pontos observados no processo estão:

- MEN 12 e 13 (Seção 05 e 06) são máquinas muito antigas com grandes pontos de degradação e corrosão, não há sistema de vácuo. Deverão ser construídas duas novas máquinas com o sistema de enchimento e nivelamento simultâneo.
- MEN 15 (Seção 07) está enchendo e nivelando, porém executa as atividades em sequência, o que gera alguns transbordos.

- MEN 17 (Seção 07) é uma máquina piloto para replicação do sistema de enchimento e nivelamento simultâneo. Está em melhor condição que as demais.

Utilizou-se a metodologia 5G para o estudo e o desdobramento do problema.

Gemba - Vá para o local onde as coisas acontecem:

- A máquina de enchimento (Figura 17), conhecida como MEN, é o equipamento utilizado para encher as baterias com solução de ácido sulfúrico. As baterias cruas são abastecidas manualmente na esteira de entrada. Por meio de bombas (Seção 07/08) ou mesmo por gravidade (Seção 05/06), os bicos de enchimento adicionam a solução às baterias cruas. Em seguida, por meio das esteiras, as baterias são levadas até os bancos de formação.

Figura 17: Máquina de Enchimento e Nivelamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gembutsu - Veja a peça com defeito e o processo sendo executado:

- Transbordo de solução no enchimento (Figura 18). Bicos não entram na bateria nem há sistema de vácuo para nivelamento da solução de ácido sulfúrico durante o enchimento, gerando grande variação de nível de solução.

Figura 18: Transbordo de solução na bateria.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Genjitsu - Observe o fenômeno sem ideias pré-concebidas. Fatos e dados:

- Importante se atentar aos *stops* para garantir a correta centralização das baterias, ou seja, furos e bicos devem estar perfeitamente alinhados. Além disso, não pode passar duas baterias para um mesmo cabeçote. Esses dois eventos citados podem gerar quebras de bicos (Figura 19).

Figura 19: Desconformidade no nivelamento das baterias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Genri - Explique os fenômenos dos processos:

- É necessário desenvolver bicos resistentes a impactos e a corrosão. Os bicos devem fazer enchimento e nivelamento ao mesmo tempo, a fim de eliminar situações de transbordo e garantir o nivelamento. É necessário adicionar/reactivar o sistema de vácuo com geradores (PIAB). As máquinas de acabamento possuem esse sistema implementado com sucesso.

Gensoku - Siga as instruções e padrões operativos:

- Padrão de enchimento apenas especifica que a solução deve estar acima das placas. Não há medição de altura de solução.

A partir das investigações do problema realizadas, definiram-se ações visando melhorar o processo, dentre elas: fabricar sistema de nivelamento para as máquinas da seção 05/06; modificar automação do sistema de enchimento e nivelamento da MEN 15 (Seção 07) para realizar o processo simultâneo, realizar treinamentos com os operadores e elaborar padrões de nivelamento, conforme pode ser observado na Figura 20.

Figura 20: Plano de Ação.

Implementação do plano						
Causa fundamental	Ação	Porquê	Responsável	Prazo	Entregue	status
Sistema de nivelamento desabilitado (Maquinas OMI)	Habilitar sistema de nivelamento	Garantir a atividade de nivelamento	Bruno S.	outubro-16	outubro-16	
Sistema de nivelamento inexistente (Maquinas da Seção 05/06)	Confecionar novas Máquinas para Seção 05/06	Implementar a atividade de nivelamento	Edson C. / William Pinheiro	março-18	março-18	
Projeto da maquina utiliza bicos de PVC	Substituir guias e bicos de PVC	Garantir a atividade de nivelamento	Bruno S.	outubro-16	outubro-16	
Sicronização deficiente para entrada de baterias	Reduzir tempo de acionamento do stop na entrada de baterias na MEN's	Garantir a atividade de nivelamento	Almir S.	janeiro-17	janeiro-17	
Projeto da maquina utiliza sistema de nivelamento coletivo	Individualizar o sistema de enchimento	Garantir ar comprimido suficiente para acionamento das válvulas	Almir S.	fevereiro-17	fevereiro-17	
Sensor de descida do cabeçote desregulado desregulado	Regular sensor de descida do cabeçote	Garantir a mesma altura de nivelamento entre cabeçotes distintos	Cicero S.	janeiro-17	janeiro-17	
Ausência de medidor de nível nas Seções 05/06	Confecionar medidor de nível para as Máquinas para Seção 05/06	Realizar as medições de nível para calcular o cpk	Cicero S.	fevereiro-17	fevereiro-17	
Falta de conhecimento dos operadores	Realizar treinamentos	Garantir a correta execução da atividade de nivelamento	Cicero S.	abril-16	maio-16	
Ausência de padrões de nivelamento	Elaborar padrões de nivelamento	Garantir a padranização da atividade de nivelamento	Bruno S. / William Pinheiro	outubro-17	outubro-17	
Ausência de medições de nível de enchimento	Implementar medição de Cpk	Realizar as medições de nível para calcular o cpk	Cicero S. / William Pinheiro	setembro-17	outubro-17	

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.2. EXECUTAR (DO)

Dentre as ações definidas, a que mais necessitou de empenho foi a fabricação da máquina de enchimento e nivelamento das seções 05/06.

Inicialmente foi realizado, juntamente com a Manutenção Mecânica e Elétrica, a definição dos materiais necessários para a fabricação da nova máquina, conforme observa-se na Figura 21.

Durante a execução acompanhou-se o andamento do projeto, buscando sempre manter-se conforme o cronograma.

3.1.3. VERIFICAR (CHECK)

Ao longo da execução do projeto, acompanhou-se o progresso da montagem da Máquina de Enchimento e Nivelamento (MEN 12) da seção 05/06, conforme pode ser visto nas Figuras 23 e 24.

Figura 23: Antiga MEN 12 da seção 05/06.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24: Execução da montagem da nova MEN 12 da seção 05/06.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.4. AGIR (ACT)

A finalização do estágio aconteceu antes da conclusão da execução da nova MEN 12. Com a conclusão do projeto, será feita a padronização dos novos processos e treinamentos dos operadores.

3.2. DOCUMENTAÇÃO DE NOVA FORMAÇÃO E ACABAMENTO PARA BATERIAS AGM

Este projeto contemplou uma nova linha de bateria em que a Acumuladores Moura investiu, a bateria AGM (*Absorbent Glass Mat*).

As baterias AGM utilizam microfibras de vidro para envolver o eletrólito no interior da bateria, o que contribui para que elas sejam mais resistentes a impactos. Como o próprio nome sugere, esta tecnologia possui como característica principal a absorção total da solução ácida em seus separadores, o que possibilita o não derramamento de líquido (vazamento), a não sulfatação e a não degradação como ocorre no modelo inundado. Neste modelo, o separador mantém o eletrólito em suspensão, mantendo-o em contato constante com o material ativo nas placas, resultando em uma maior eficiência quando descarregam e recarregam proporcionando mais durabilidade que as baterias convencionais e maior desempenho elétrico para o veículo.

A nova linha de baterias da Acumuladores Moura foi desenvolvida para veículos de alto desempenho como os carros com tecnologia *start-stop*, que exigem mais das baterias. Neste tipo de carro, ao pararem no sinal, por exemplo, o motor desliga e volta a ser ligado na saída, demandando uma maior quantidade de partidas no decorrer do dia.

O projeto da nova linha de formação e acabamento abrangiu a compra de novas máquinas, o recebimento, o treinamento e a criação de novas instruções de trabalho, conforme pode ser visto na Figura 25.

Figura 25: Recebimento e comissionamento de novas máquinas para a Linha AGM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No estágio, realizou-se o recebimento e o comissionamento das novas máquinas para a formação e o acabamento deste novo modelo/tipo de bateria. O processo se deu com o recebimento dos fabricantes para a entrega das máquinas, o acompanhamento da instalação e o treinamento sobre o funcionamento e a operação das máquinas. Em seguida, foram elaboradas instruções de trabalho e operação, descrevendo as operações que deveriam ser realizadas pelos colaboradores para a correta execução dos equipamentos (Figura 26).

Figura 26: Instruções de Operação para novas máquinas da Linha AGM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3. PROJETO PILOTO PARA FORMAÇÃO DE BATERIAS

Este projeto visou o estudo de um método para a formação de baterias diferente do aplicado atualmente pela Acumuladores Moura. A formação das baterias é controlada por meio do *software* MCarga, que permite controlar a corrente aplicada à bateria de acordo com o plano de formação ou “receita” criada no programa para cada modelo de bateria. Os planos de formação atuais controlam a corrente monitorando a temperatura, ou seja, se a bateria está abaixo da temperatura especificada (fria), ela é carregada com uma corrente nominal, caso contrário, ela é carregada com uma corrente mínima.

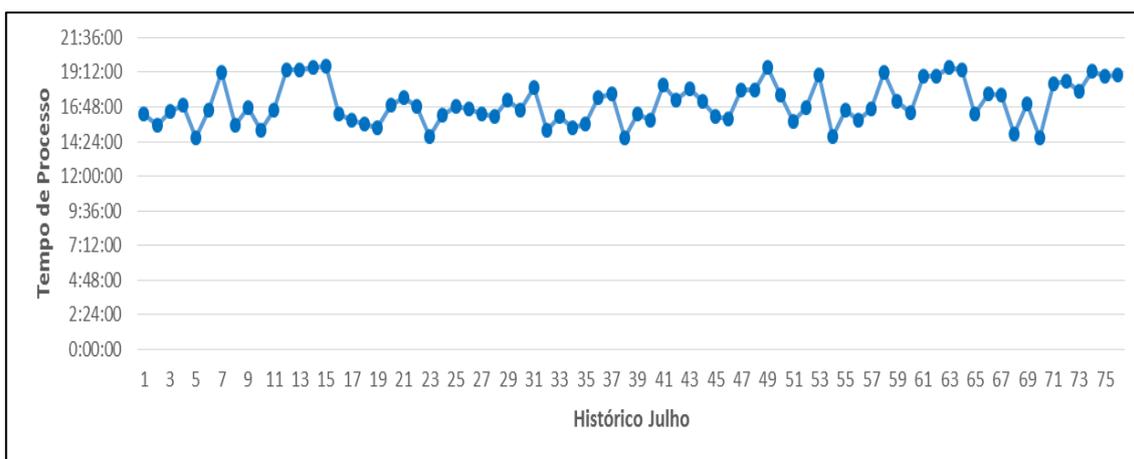
Um plano de formação é composto por cinco fases, na qual a primeira é uma pausa de 30 minutos (necessária para sulfatar as placas o suficiente para receber carga) e

as demais são especificadas uma corrente nominal e uma corrente mínima, que depende da temperatura de formação das baterias. O critério de conclusão de cada fase é definido em minutos ou em Ah, o primeiro caso ocorre na fase inicial (30 minutos), enquanto as demais fases são concluídas pela quantidade de Ah acumulado.

O projeto consistiu em estudar a utilização de novos planos de formação, desta vez utilizando correntes constantes em cada fase. Dessa forma, tanto a corrente nominal quanto a corrente mínima teriam valores iguais.

Entre os pontos observados para o problema, a análise do tempo de formação foi feita por meio do histórico de formação para um modelo específico de bateria, utilizando o banco de dados da própria seção em estudo. Para o modelo escolhido, a análise do histórico de formação permitiu observar que a dispersão média entre os tempos era de aproximadamente 1h12min, assim, no projeto focou-se nesse modelo para reduzir seu tempo médio de dispersão na formação, que pode ser visto na Figura 27.

Figura 27: Dispersão no tempo de formação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A formação de baterias por meio de corrente variável com a temperatura torna o processo imprevisível, pois o tempo de formação é incerto e depende do valor da corrente aplicada ao circuito. Com a implementação da formação com corrente constante, pretende-se obter previsibilidade quanto ao tempo necessário para a carga e, conseqüentemente, ganha-se com a capacidade de planejamento.

Com o projeto, objetivou-se implementar formação com corrente constante mantendo o padrão de qualidade, sendo verificados os seguintes pontos:

- a) A formação de baterias por meio de corrente variável com a temperatura torna o processo imprevisível.
- b) Será realizado um estudo para determinação dos pontos ótimos de corrente constante, de forma que não se exceda a temperatura máxima suportável pela bateria.
- c) Os testes serão feitos alterando-se o plano de formação para manter a corrente constante em cada etapa de carregamento.
- d) Análises serão feitas no Laboratório Físico para verificar se as baterias atendem aos padrões de qualidade.

O Plano de Ação utilizado para o projeto encontra-se na Figura 28.

Figura 28: Cronograma do Plano de Ação do Projeto.

		CRONOGRAMA DO PLANO DE AÇÃO																															
		PLANO DE AÇÃO: Formação de baterias com corrente constante.																								SETOR: Engenharia de Processo							
		MESES																															
Ação	Resp.	ago/17				set/17				out/17				nov/17				dez/17				jan/18				fev/18							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Análise dos históricos de formação	William P.	█	█	█	█																												
Criação de planos de formação com corrente constante para o modelo escolhido	William P.					█	█	█	█																								
Teste dos planos de corrente constante e escolha do plano com melhor desempenho	William P.		█	█	█	█	█	█	█																								
Repetição do teste para o plano escolhido e análise dos tempos e temperaturas	William P.									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
Realização de análise no Lab. Físico: C20	William P.													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
Verificação dos resultados e ganhos	William P.																					█	█	█	█	█	█	█	█				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, elaboraram-se vários planos de formação por corrente constante para que pudessem ser aplicados na formação das baterias do modelo escolhido, conforme Figura 29.

Figura 29: Planos de formação desenvolvidos.

Plano Teste 1						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	6	1	6	70	6	80
3	12	2	24	69	30	80
4	20	4	80	68	110	80
5	16	10	160	67	270	80
		17,5	270			

Plano Teste 3						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8	2	16	70	16	80
3	12,5	0,96	12	69	28	80
4	16,5	5,030303	83	68	111	80
5	15,5	10,25806	159	67	270	80
		18,74837	270			

Plano Teste 5						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8	2	16	70	16	80
3	14	2	28	69	44	80
4	16,5	4	66	68	110	80
5	16	10	160	67	270	80
		18,5	270			

Plano Teste 2						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8	2	16	70	16	80
3	13	2	26	69	42	80
4	17	4	68	68	110	80
5	16	10	160	67	270	80
		18,5	270			

Plano Teste 4						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8,5	2	17	70	17	80
3	13	1	13	69	30	80
4	16	5	80	68	110	80
5	16	10	160	67	270	80
		18,5	270			

Plano Teste 6						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8	1	8	70	8	80
3	13	2,538462	33	69	41	80
4	17	4	68	68	109	80
5	16,5	9,757576	161	67	270	80
		17,79604	270			

Plano Teste 13						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	9,5	1,052632	10	70	10	80
3	14	2,142857	30	69	40	80
4	22	3,136364	69	68	109	80
5	21	7,666667	161	67	270	80
		14,49852	270			

Plano Teste 14						
	Corrente	Tempo	ah	temp.	Ah	alarme
1		0,5				
2	8,5	0,941176	8	70	8	80
3	14	2	28	69	36	80
4	21	3,47619	73	68	109	80
5	19	8,473684	161	67	270	80
		15,39105	270			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Escolheu-se o melhor plano, observando o gráfico da formação das baterias, levando em consideração o ótimo tempo de formação (inferior ao tempo médio atual), que a temperatura das baterias ficou conforme o especificado e a dispersão entre os tempos de formação foi muito pequena – Figuras 30 e 31. Os gráficos de formação foram todos próximos, gerando uma dispersão mínima nos tempos de processo.

Figura 30: Gráfico da formação para o plano escolhido.



Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

Figura 31: Dispersão no tempo de formação muito pequena.

CIRCUITO	TEMP. PROCESSO (TP)	TP_MÉDIO	TP - TP_MÉDIO
11101	15:27:00	15:29:25	00:02:25
11103	15:34:00	15:29:25	00:04:35
11104	15:45:00	15:29:25	00:15:35
11105	15:29:00	15:29:25	00:00:25
11106	15:27:00	15:29:25	00:02:25
11107	15:27:00	15:29:25	00:02:25
11108	15:33:00	15:29:25	00:03:35
11109	15:26:00	15:29:25	00:03:25
11110	15:33:00	15:29:25	00:03:35
11113	15:26:00	15:29:25	00:03:25
11114	15:28:00	15:29:25	00:01:25
11115	15:29:00	15:29:25	00:00:25
11116	15:30:00	15:29:25	00:00:35
9601	15:27:00	15:29:25	00:02:25
9602	15:23:00	15:29:25	00:06:25
9603	15:28:00	15:29:25	00:01:25
9604	15:28:00	15:29:25	00:01:25
9605	15:28:00	15:29:25	00:01:25
9606	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9607	15:27:00	15:29:25	00:02:25
9608	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9609	15:24:00	15:29:25	00:05:25
9610	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9611	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9612	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9613	15:27:00	15:29:25	00:02:25
9614	15:27:00	15:29:25	00:02:25
9615	15:28:00	15:29:25	00:01:25
9616	15:26:00	15:29:25	00:03:25
9102	15:38:00	15:29:25	00:08:35

DESVIO MÉDIO
00:03:55

Fonte: Elaborado pelo autor.

No decorrer da aplicação do plano de formação escolhido, levaram-se as baterias para serem analisadas no Laboratório Físico, para realização de Teste C20.

O teste de capacidade (C20) é um teste que possibilita medir a capacidade das baterias em Ah. Nesse teste, a bateria é descarregada a uma corrente constante até uma tensão de corte de 10,5 V (tensão suficiente para realizar a partida de um veículo). A partir do tempo de duração e da corrente, calcula-se a capacidade do acumulador. Por exemplo, para uma bateria de 50 Ah, descarrega-se a bateria a 2,5 A constante até que ela atinja 10,5 V. Se a bateria passa 20 horas no teste, significa que ela possui os 50 Ah especificados.

Os testes foram realizados para as amostras levadas para o laboratório, e os resultados encontram-se na Figura 32.

Figura 32: Resultados de alguns Testes C20.

Teste	Esp.	Data	Corrente Constante							
			Am 41	Am 42	Am 43	Am 44	Am 45	Am 46	Am 47	Am 48
Data de fabricação										
Pesos (kg)			13,888	14,193	14,095	13,969	14,240	14,279	13,930	14,115
Midtronics - SAE	CCA (A)	19/10/2017	526	578	573	534	572	566	530	536
	Tensão (V)		12,59	12,52	12,62	12,55	12,55	12,46	12,65	12,55
	RI (Ω)		5,89	5,49	5,46	5,82	5,52	5,91	5,66	5,75
Carga Inicial 5x120 - 16V - 16h	Ah Carga	20/10/2017	35,321	29,760	36,861	34,623	32,535	31,732	37,350	31,954
1ª Capacidade Nominal - C20	C20 \geq 57 Ah	21/10/2017	58,038	57,505	59,303	56,945	57,902	55,806	59,298	58,841
	Tempo Desc.		19:20:55	19:10:05	19:46:02	18:58:52	19:18:00	18:36:05	19:45:55	19:36:47
	Ah Carga		116,15	29,30	43,19	31,65	31,88	26,52	35,54	33,35
Equip. do ensaio	Equip. / modulo		A&C2	IDV	IDV	IDV	IDV	IDV	IDV	IDV

Teste	Esp.	Data	Plano Normal				Corrente Constante			
			Am 49	Am 50	Am 51	Am 52	Am 53	Am 54	Am 55	Am 56
Data de fabricação										
Pesos (kg)			14,434	14,559	14,400	14,443	14,319	14,443	14,428	14,453
Midtronics - SAE	CCA (A)	07/11/2017	542	555	627	559	574	585	579	589
	Tensão (V)		12,71	12,83	12,68	12,67	12,65	12,65	12,72	12,65
	RI (Ω)		5,67	5,86	5,10	5,65	5,83	5,54	5,69	5,23
Carga Inicial 5x120 - 16V - 16h	Ah Carga	08/11/2017	21,27	23,67	16,020	22,260	23,40	24,63	25,160	23,510
1ª Capacidade Nominal - C20	C20 \geq 57 Ah	09/11/2017	61,27	64,03	58,73	61,39	56,44	57,21	58,44	57,95
	Tempo Desc.		20:25:33	21:20:49	19:34:45	20:27:56	18:49:02	19:04:27	19:29:08	19:19:09
	Ah Carga		77,81	82,80	84,64	75,97	74,47	76,74	78,65	80,19
Equip. do ensaio	Equip. / modulo		DIG/93	DIG/15	DIG/20	DIG/003	DIG/004	DIG/005	DIG/006	DIG/007

Fonte: Grupo Moura Baterias Automotivas.

A média dos resultados para o C20 foi inferior à capacidade nominal da bateria. Comparando o plano normal e o plano com corrente constante, verificou-se que a não variação da corrente não permite uma “boa formação” das placas, concluiu-se que a variação da corrente é importante para gerar bons resultados elétricos.

Com o projeto, concluiu-se que, para obter os ganhos com previsibilidade, logística e planejamento de produção com a formação por meio de corrente constante durante as fases do processo, é necessário aumentar a quantidade de Ah aplicada à bateria para suprir a eventual perda durante o processo de carregamento por corrente constante.

3.4. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO

Além das atividades descritas anteriormente nos projetos, outras atividades foram desenvolvidas dando apoio e suporte ao gestor Bruno Sobel, em seus projetos para formação e acabamento de baterias.

Entre esses projetos está o de “Reduzir Defeitos na Garantia de 0 a 2 Meses” (o índice de 0 a 2 meses é composto de defeitos de todos os setores fabris), onde realizou-se um estudo de Pareto para realizar uma priorização dos defeitos a serem trabalhados e trabalhou-se os defeitos relacionados aos setores de formação e acabamento. Os defeitos

trabalhados no processo foram Vazamento de Sobretampa, Microcurto e Massa Endurecida.

3.4.1. ELABORAÇÃO DE KAIZENS

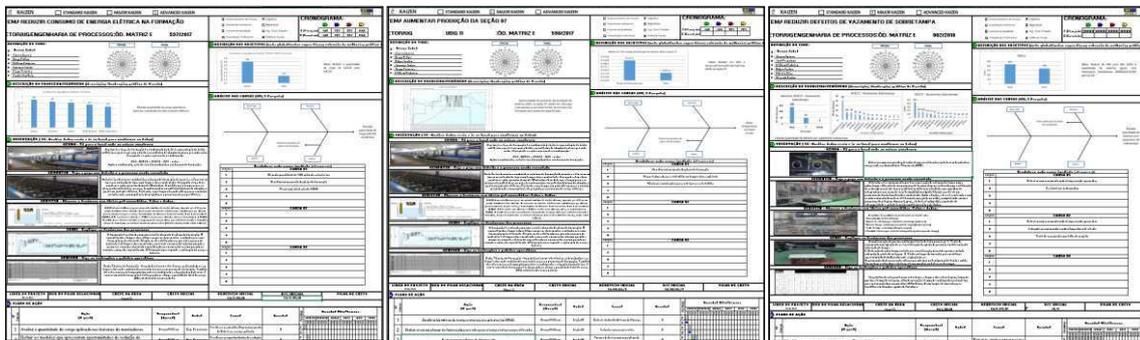
A metodologia adotada pela Acumuladores Moura é o WCM (*World Class Manufacturing* ou Produção de Classe Mundial). Essa metodologia é um conjunto de conceitos, de princípios e de técnicas para a gestão dos processos operativos de uma empresa.

O WCM é um sistema de gestão integrado de redução de custos e visa otimizar Logística, Qualidade, Manutenção e Produtividade para níveis de classe mundial, através de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas. Baseia-se em 3 elementos essenciais: no combate sistemático a cada desperdício e perda existente em toda a cadeia (cliente-fornecedor-fornecedores); no envolvimento das pessoas e respectivos desenvolvimento de suas competências e por fim na utilização rigorosa de métodos e ferramentas apropriados para as ineficiências do processo (MIRANDA, 2016).

Entre as ferramentas utilizadas no WCM, encontra-se o Kaizen, que significa melhoria contínua, estruturado para buscar e eliminar constantemente qualquer tipo de desperdício nas empresas, dos processos produtivos e administrativos à manutenção de máquinas e equipamentos.

Durante o estágio foram elaborados vários Kaizens buscando eliminar perdas e melhorar os processos, conforme se vê na Figura 33. Entre os Kaizens elaborados, estão: Reduzir gastos com consumo de energia elétrica; aumento de produção com redução de tempos de formação e redução de defeitos por vazamento de sobretampa, que somados conferiram ganhos previstos de aproximadamente R\$ 450.000,00 anuais.

Figura 33: Exemplos de Kaizens elaborados durante o estágio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2. ATIVIDADES DE ROTINA E TREINAMENTOS

Além das atividades em projetos, foram realizadas atividades de rotina como acompanhamento de parâmetros de formação e acabamento, elaboração de instruções de trabalho e *setup* de máquinas no processo, alteração e acompanhamento de processos e melhorias contínuas no processo de formação e acabamento de baterias.

Alguns treinamentos foram realizados durante o período de estágio. Os principais foram:

- Kaizen Administrativo (Kayque Gusmão) 14/07/2017
- Tratamento de Anomalia (Giovanna Farias) 31/07/2017
- Técnico - Formação e Acabamento (Bruno Sobel) 24/08/2017
- Processo de Aprovação da Peça de Produção (Hermano Nunes) 01/09/2017
- Introdução ao WCM - World Class Manufacturing (Geraldo Jr.) 20/09/2017
- Relacionamento Interpessoal (Isabel Martins) 25/09/2017

Além disso, o estagiário participou de Espaços Estagiários, que consiste em palestras a respeito de assuntos de interesse dos estagiários. Estes momentos duravam em torno de 3 horas e aconteciam mensalmente, da seguinte forma:

- 28/06/2017 – Conhecendo Nosso Produto Moura
- 20/07/2017 – Liderança Pessoal
- 25/08/2017 – Autoconhecimento e Desenvolvimento Profissional
- 25/09/2017 – Feedback: Autoconhecimento e Melhoria Contínua
- 28/11/2017 – Papo com o Gerente de Pessoas

4. CONCLUSÕES

A realização do estágio foi muito importante para a execução prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso na universidade. A oportunidade de contribuir para a Engenharia de Processos na Acumuladores Moura possibilitou um crescimento como profissional de Engenharia e permitiu conhecer o trabalho na indústria.

No projeto de melhoria no enchimento e nivelamento de baterias adquiriu-se experiência no gerenciamento de projetos, definindo com as equipes de manutenção os materiais necessários, os prazos, o cronograma e acompanhando da execução do mesmo. O projeto permitiu melhorar o processo de enchimento das baterias, reduzindo os problemas devido às desconformidades nos níveis de solução, além da contaminação e da degradação devido ao transbordo de eletrólito.

Com o projeto da nova Linha de Formação e Acabamento para baterias AGM, o estagiário participou do recebimento e comissionamento de novas máquinas diretamente com os fabricantes nacionais e internacionais, aumentando o *networking* tão importante no contexto atual do mercado de trabalho. A criação de novas instruções operacionais permitiu a transmissão dos conceitos adquiridos nos treinamentos acerca da operação das máquinas.

No projeto piloto de formação por corrente constante, o estagiário desenvolveu habilidades na execução da Metodologia Experimental na indústria, planejando alterações nos processos, segregando amostras para análises laboratoriais e acompanhando parâmetros dos processos.

O trabalho desenvolvido ao longo do estágio na Acumuladores Moura foi uma oportunidade única e uma ponte importante entre os conhecimentos teóricos e práticos no campo de trabalho. O estágio trouxe enriquecimento mútuo, por meio da troca de experiências profissionais e acadêmicas e de conhecimentos técnicos, sem dúvidas, muito importantes para o engajamento no mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ACUMULADORES MOURA. *Grupo Moura Baterias Automotivas*.
- ARAÚJO, W. *Relatório de Estágio Supervisionado na Empresa Acumuladores Moura S.A.*. Campina Grande, 2016.
- FLAMARION, B. D. *Acumuladores de Chumbo-Ácido Automotivos*. Acumuladores Moura. Belo Jardim, 1994.
- MANTELL, C. *Batteries and Energy Systems. Special Issue on Lead-Acid Batteries. J. Power Sources*. McGraw-Hill. 2nd ed. New York, 1983.
- MIRANDA, E. *WCM – World Class Manufacturing (Produção de Classe Mundial)*. LinkedIn, 2016.
- NAPOLEON, E. S. *Article 19. Power Sources*. pg. 169, 1987.
- PAVLOV, D. *Lead-Acid Batteries: Science and Technology. A Handbook of Lead-Acid Battery Technology and its Influence on the Product*. Elsevier. Oxford, 2011.