



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ARISTÓTELES TERCEIRO NETO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**  
**ACUMULADORES MOURA S.A.**

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2012

ARISTÓTELES TERCEIRO NETO

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

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

**Orientador:**

Professor Dr. Talvanes Meneses Oliveira

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2012

ARISTÓTELES TERCEIRO NETO

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

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

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**

Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Dr. Talvanes Meneses Oliveira**

Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## **Agradecimentos**

Dedico a minha família, Ana Maria, Carlos Antonio e Carlos Antônio Junior, por me apoiarem e me ajudarem com todo seu amor e carinho. A minha namorada Mariana Costa por me ajudar na correção de parte do trabalho e me incentivar.

Ao professor Talvanes Meneses Oliveira, por me orientar e acreditar no meu desempenho.

A minha equipe de trabalho nos Acumuladores Moura S.A., Eduardo Pontes, Almir Silva, Luanna Medeiros e Milton Neto, que repassaram muito dos seus conhecimentos para que eu pudesse terminar o meu estágio com excelência, além de toda confiança depositada em mim.

E a todos meus amigos e professores, que, diretamente, ajudaram-me a concluir meu curso e meu trabalho.

## RESUMO

O presente relatório é referente às atividades executadas no estágio curricular pelo aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Aristóteles Terceiro Neto, realizadas na empresa Acumuladores Moura S.A..

No estágio, o aluno desempenhou atividades de engenharia voltadas para pesquisa e implementação da formação Banner, nos bancos de formação das unidades 5 e 6, na Matriz central dos Acumuladores Moura S/A, além de ajudar no desenvolvimento de um software RFID para rastreamento das baterias nas linhas de montagens.

O discente também participou dos seguintes treinamentos: Manutenção Autônoma, MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), Gerenciamento de Projetos, Curso de Baterias Chumbo-Ácido e Gerenciamento da Rotina.

Tais atividades proporcionaram uma compreensão de todos os processos da fábrica, bem como experiência direta com os mesmos, oportunidade esta, de grande valor para a complementação profissional do aluno em questão.

## CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE ABREVIATURAS .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. ACUMULADORES MOURA S/A .....	14
2.1. HISTÓRICO .....	14
2.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	16
2.3. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO.....	18
2.3.1. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 01(UGB-01).....	18
2.3.2. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 02 e 03(UGB-02 e 03).....	25
2.3.3. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 04 (UGB-04).....	28
2.4. PROGRAMA DE QUALIDADE: GQT (Gestão pela Qualidade Total). 30	
2.4.1. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) .....	30
2.4.2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....	31
2.4.3. MANUTENÇÃO PLANEJADA .....	31
2.4.4. MELHORIA ESPECÍFICA .....	32
2.4.5. EDUCAÇÃO E TREINAMENTO .....	35
3. ACUMULADORES DE CHUMBO ÁCIDO.....	36
3.1. FUNCIONAMENTO DAS BATERIAS.....	36
3.2. CARACTERÍSTICAS DE UMA BATERIA.....	41
3.2.1 TENSÃO DA BATERIA.....	42
3.2.2 RESISTÊNCIA INTERNA DA BATERIA.....	43
3.2.3 CAPACIDADE NOMINAL .....	43
3.2.4 ALTA DESCARGA A FRIO.....	44
3.2.5 CARACTERÍSTICAS DE TENSÃO X CORRENTE DE DESCARGA .....	45
3.2.6 DESCARGA ESPONTÂNEA .....	45
3.3. COMPONENTES DE UMA BATERIA.....	46

3.3.1. ELEMENTO .....	46
3.3.2. SEPARADOR .....	47
3.3.3. CAIXA E TAMPA.....	47
3.3.4. ROLHAS .....	48
3.3.5. INTERCELL / TERMINAIS / STRAPS .....	49
4. ESTÁGIO SUPERVISIONADO .....	51
4.1 TREINAMENTOS .....	51
4.2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO .....	52
5. ATIVIDADES EXECUTADAS NO ESTÁGIO.....	52
5.1 MASP FORMAÇÃO .....	52
6. CONCLUSÃO .....	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXO .....	72

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Estrutura Organizacional do Grupo Moura .....	16
Tabela 2. Comparação entre as características dos dois óxidos. ....	20
Tabela 3. Etapas do PDCA <sup>5</sup> . ....	33



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura Institucional do Grupo Moura. ....	17
Figura 2. Fluxograma dos Processos UGB01.....	19
Figura 3. Moinho de atrito.....	19
Figura 4. Reator tipo Barton.....	19
Figura 5. Tunel de secagem 1, cabeçote e cone 2, masseira 3 e balança 4.....	22
Figura 6. Taxa de Oxidação do Pb livre <sup>4</sup> .....	23
Figura 7. Estufa com controle de temperatura e umidade.....	24
Figura 8. Fluxograma do Processo de Montagem de Baterias UGB02 e 03.....	27
Figura 9. Esquema da linha 3 de Montagem.....	27
Figura 10. Modelo da linha 2 do acabamento.....	29
Figura 11. Modelo da linha 2 do acabamento.....	29
Figura 12. Pilares do TPM.....	31
Figura 13. Ciclo PDCA.....	33
Figura 14. Modelo de baterias.....	37
Figura 15. Célula de uma bateria.....	38
Figura 16. Elemento de uma bateria.....	38
Figura 17. Elementos ligados em série.....	39
Figura 18. Relação entre a Densidade do Eletrólito e a Tensão de Circuito Aberto da Bateria <sup>6</sup> . .....	42
Figura 19. Elementos de uma bateria automotiva.....	46
Figura 20. Separador de polietileno de uma bateria automotiva.....	47
Figura 21. Caixa de uma bateria a), tampa b).....	48
Figura 22. Rolhas de polipropileno utilizadas em baterias.....	48
Figura 23. Formato esférico de uma solda intercell.....	49
Figura 24. Vista superior de uma bateria automotiva.....	49
Figura 25. Visão geral dos componentes de uma bateria automotiva.....	50
Figura 26. Histórico dos maiores problemas na formação /setembro.....	53
Figura 27. Histórico das perdas por atraso de formação entre o mês de julho e setembro.....	54
Figura 28. Processo de formação Moura da bateria MI60GD.....	55
Figura 29. Histórico de perdas de alguns bancos da formação /Julho.....	56
Figura 30. Temperatura da água no tanque de armazenamento /Dezembro.....	56
Figura 31. Temperatura do eletrólito dentro da bateria.....	57
Figura 32. Cronograma MASP de oito etapas.....	57
Figura 33. Tempestade de Ideias.....	58
Figura 34. Espinha de peixe com as causas do problema.....	59
Figura 35. Levantamento das hipóteses e testes.....	61
Figura 36. Tanque de armazenamento de água com problema.....	62
Figura 37. Temperatura da água no tanque de armazenamento.....	62
Figura 38. Defeitos nas sondas.....	63
Figura 39. Problema com tipo de plano de carga - formação banner.....	64
Figura 40. Confirmação das hipóteses e testes.....	64
Figura 41. Plano de ação.....	65

Figura 42. Plano de formação Banner sem o controle da temperatura.....	66
Figura 43. Relatório dos testes de C20.....	67
Figura 44. Relatório dos testes de PbO <sub>2</sub> .....	67
Figura 45. Sistema de Refrigeração.....	68
Figura 46. Sistema de Refrigeração depois de montado. ....	69
Figura 47. Material de Montagem .....	72
Figura 48. Material Elétrico.....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS

CCQ – Círculos de controle de Qualidade.

CQ – Controle de Qualidade.

ET – Educação e Treinamento.

F/Q – Falha/Quebra.

FMEA – Análise de Modo de falhas e seus efeitos ( Failure Mode and Effects Analysis).

GPD – Gerenciamento Pelas Diretrizes.

GME – Grupo de Melhoria Específica.

GQT – Gestão da Qualidade Total.

GMA – Grupos de Manutenção Autônoma.

LPP – Lição Ponto a Ponto.

LVB – Levantamento de Borne.

MEN – Máquina de Encher e Nivelar.

MASP – Método de Análise e Solução de Problemas.

MAN – Máquina Automática de Nivelar.

MLS – Máquina de Lavar e Secar.

MP – Manutenção Planejada.

ME – Melhoria Específica.

MQ – Manutenção da Qualidade.

MBI – Moura Baterias Industriais.

MCL – Máquina de Cortar e Lixar.

MRT/COD – Máquina de Rotular e Codificar.

OEE – Índice de Eficiência Global (Overall Efficient Equipment).

PDCA– Plan (planejar), Do (executar), Check (verificação) e Act (ação – análise – padronização).

POP – Procedimento Operacional Padrão.

PQT – Programa da Qualidade Total.

PLT – Paletização.

PLAST – Plastificadora.

QSB – Sistema Básico de Qualidade (Qualities System Basic).

REPLA – Recuperação de Plástico.

SLR – Seladora.

TPM – Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance).

TVZ – Teste de Vazamento.

TBS – Máquina de Envelopar e soldar elementos.

TPM - Total Productive Maintenance.

UGB – Unidade Gerencial Básica.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é referente ao estágio curricular desenvolvido pelo aluno do curso de graduação em Engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Aristóteles Terceiro Neto, realizado na empresa Acumuladores Moura S.A., localizada no município de Belo Jardim – PE, a 180 km de Recife.

O estágio foi alocado na Unidade 01 (Matriz), que é composta pelas UGB-01, 02, 03 e 04, Manutenção Mecânica e Elétrica, Ferramentaria, Controle de Qualidade e Área de Utilidades. Nesta unidade, são montadas todas as baterias que fazem parte da linha de produtos da Acumuladores Moura.

O foco do estágio se deu na utilização da ferramenta MASP, na análise e solução de problemas de processo, bem como a implementação do modelo de engenharia de processo na fábrica. Foi possível a atuação no departamento de Engenharia Industrial Moura diretamente com clientes externos e internos.

O estagiário participou de treinamentos ligados aos pilares do TPM, tais como: Manutenção Autônoma, e do além do curso de Gerenciamento da Rotina, MASP. Participou ainda de seminários, programas de capacitação e eventos promovidos pela Moura.

O trabalho aqui apresentado contém informações gerais sobre a empresa (história, estrutura organizacional e participação no mercado) e a descrição das atividades desenvolvidas pelo estagiário.

## **2. ACUMULADORES MOURA S/A**

### **2.1. HISTÓRICO**

A Acumuladores Moura S/A foi fundada em 1957 por Edson Mororó Moura, recém-formado em engenharia química pela Universidade Federal de Pernambuco.

A história da Moura começou no quintal de uma casa localizada na cidade de Belo Jardim, no agreste de Pernambuco (a 180 km do Recife), no Brasil. O primeiro nome da empresa foi Indústria e Comércio de Acumuladores Moura Ltda. As instalações iniciais eram simples, com máquinas rudimentares. Porém, por volta de 1968, a Moura conheceu a maior montadora de baterias da época, a Chloride, uma das mais avançadas tecnologias do mundo, com quem conseguiu firmar um contrato de recebimento de tecnologia bastante significativo para o desenvolvimento da fábrica.

Com o avanço tecnológico, a Moura começou a produzir baterias de qualidade, expandindo as vendas para outras regiões do país. E como a Chloride tinha acordos com algumas montadoras de carros, a Moura passou a ser peça original dessas montadoras no Brasil. A partir daí a empresa começou a atuar em todo o território brasileiro. Foi quando surgiram as unidades de distribuição, que, a princípio, eram chamadas de depósitos e eram coordenadas pela própria empresa.

Com o passar do tempo, em uma nova gestão, essas unidades foram transformadas em uma rede e ganharam certa independência. Os distribuidores, responsáveis pelas unidades, tornaram-se sócios e passaram a dividir a responsabilidade burocrática e fiscal com a Moura.

Em 1979, iniciou-se a formação da Rede de Depósitos Moura (RDM), responsável pela distribuição de baterias em nível nacional e internacional, constituindo-se na maior parte do país na área de baterias automotivas.

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, a Acumuladores Moura se tornou a primeira fábrica de baterias do país a receber a certificação de acordo com as normas da ISO9001 do American Bureau of Shipping Quality Evaluations (ABS), revalidando-a em dezembro de 2000. A ISO 9001 garante a qualidade do sistema de gestão desenvolvido pela Moura.

Em 2002 a empresa lançou as baterias tracionárias da linha Log HPD, que gerou 15% de crescimento na receita. Atualmente, os produtos da Moura fornecem energia elétrica para

veículos, embarcações, telefonia celular e fixa e operações logísticas. Estes produtos são encontrados, sem contar o Brasil, na Europa, América Central, África e demais países da América do Sul.

No MERCOSUL, atende a Ford, Renault, Fiat e Mercedes-Benz.. Além disso, mantém parcerias tecnológicas e comerciais com os maiores fabricantes da área, com destaque para EXIDE (empresa espanhola que no ano de 1998 firmou parceria com a Moura) e GNB *Technologies* (empresa americana que desde 1996 é parceira da Moura) fornecedora da Ford Inglaterra e Ford Estados Unidos e detentora da patente mundial para a fabricação de baterias com a chamada “Liga Prata”, lançada, com exclusividade no Brasil, pela Acumuladores Moura S/A.

No segmento automotivo, a bateria Moura é peça original de fábrica da Volkswagen, Ford, Renault, Fiat, Daimler Chrysler e Iveco. De cada 100 veículos produzidos no Brasil, 50 são equipados originalmente com bateria Moura.

No mês de outubro de 2007, a fábrica bateu o recorde na produção de baterias: 405 mil unidades. Este recorde representa quase oito mil vezes a produção inicial da empresa, que quando começou as atividades colocava no mercado menos de 50 baterias mensalmente. Com produção de cinco milhões de baterias por ano e exportando para todo o MERCOSUL, a Moura é referência no mercado de acumuladores elétricos.

A evolução contínua em cinco anos, consolidou-se em 2007, com um faturamento de R\$ 420 milhões, 45% a mais sobre o de 2006, ano em que cresceu 23% sobre 2005. No ano de 2011 seu faturamento girou em torno de 1 bilhão ao ano.

## 2.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A Moura encontra-se dividida em unidades localizadas no Brasil e no MERCOSUL, além de possuir empresas de distribuição comercial em todo Brasil e cerca de 2.000 funcionários.

A sua estrutura organizacional é mostrada na tabela a seguir:

Tabela 1. Estrutura Organizacional do Grupo Moura

<b>UNIDADE</b>	<b>PRODUTOS</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
<b>UN 01 - Acumuladores Moura Matriz</b>	<b>Baterias sem carga para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição.</b>	<b>Belo Jardim - PE</b>
<b>UN 02 - Unidade Administrativa</b>	<b>Centro administrativo.</b>	<b>Jaboatão dos Guararapes - PE</b>
<b>Escritório São Paulo</b>	<b>Centro administrativo.</b>	<b>São Paulo - SP</b>
<b>Escritório Rio de Janeiro</b>	<b>Centro administrativo.</b>	<b>Niterói - RJ</b>
<b>UN 03 - Depósito Fiat e Iveco</b>	<b>Baterias para a Fiat e Iveco em Minas Gerais.</b>	<b>Betim - MG</b>
<b>UN 04 - Metalúrgica</b>	<b>Reciclagem de bateria e ligas de chumbo.</b>	<b>Belo Jardim - PE</b>
<b>UN 05 - Indústria de plástico</b>	<b>Caixa e tampa para baterias.</b>	<b>Belo Jardim - PE</b>
<b>UN 06 - Formação e Acabamento</b>	<b>Baterias para montadoras brasileiras.</b>	<b>Itapetininga - SP</b>
<b>UN 08 - Moura Baterias Industriais</b>	<b>Baterias tracionárias.</b>	<b>Belo Jardim - PE</b>
<b>BASA - Depósito Argentina</b>	<b>Baterias para montadoras e reposição na Argentina.</b>	<b>Buenos Aires</b>
<b>WAYOTEK – Depósito Porto Rico</b>	<b>Baterias para montadoras e reposição em Porto Rico.</b>	<b>Carolina</b>
<b>RADESCA – Depósito Uruguai</b>	<b>Baterias para montadoras e reposição no Uruguai.</b>	<b>Montevideu</b>
<b>RIOS RESPUESTOS – Depósito Paraguai</b>	<b>Baterias para montadoras e reposição no Paraguai.</b>	<b>Assunção</b>

(Fonte: Relatório emitido pela UN-02 em 30/11/2006.)



A Figura 1 apresenta a Estrutura Institucional do Grupo Moura.

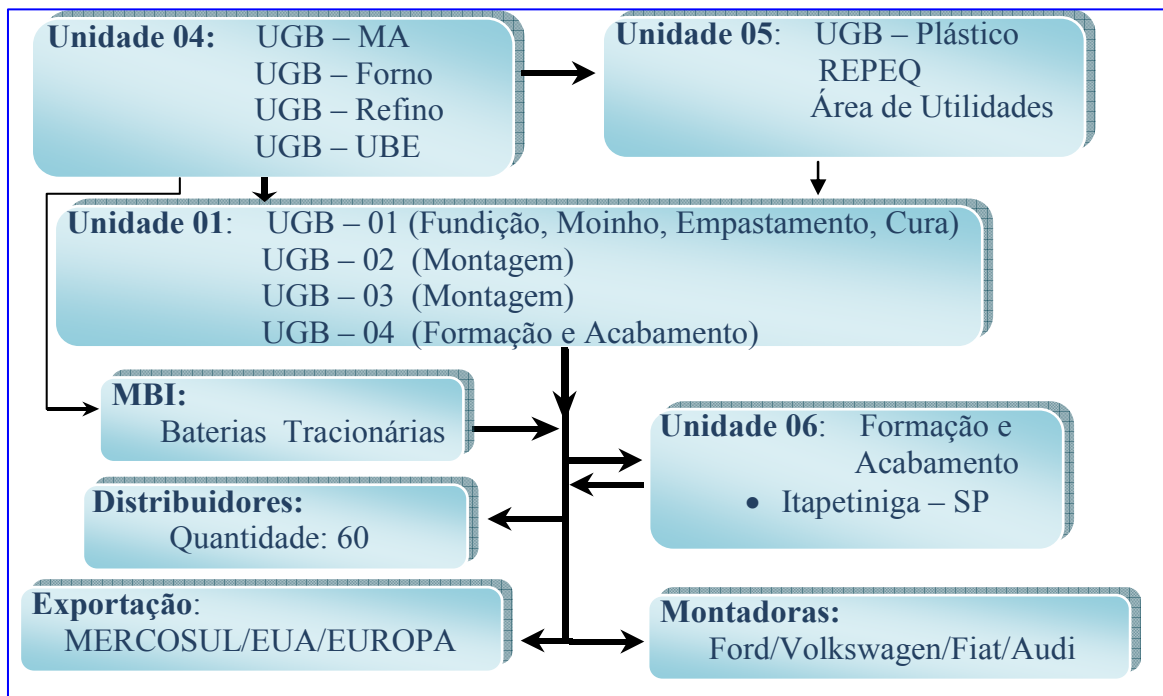


Figura 1. Estrutura Institucional do Grupo Moura.

(Fonte: Relatório emitido pela UN-02 em 30/11/2006.)

#### - Unidade 01

Representada pelas seguintes áreas:

- a) UGB-01: Responsável pela produção do óxido de chumbo, massa e grades para confecção das placas constituintes das baterias;
- b) UGB-02 e UGB-03: Responsáveis pela montagem das baterias automotivas;
- c) UGB-04: Responsável pela formação e acabamento das baterias;
- d) GQT: Responsável pelo monitoramento da Gestão pela Qualidade Total;
- e) Secretaria do TPM: Responsável pela implementação dos pilares de manutenção autônoma. Melhoria específica, Manutenção Planejada e Educação e Treinamento;
- f) SIMA: Responsável pela segurança industrial e meio ambiente;
- g) CQ: Responsável pelo controle de qualidade;
- h) Vendas: Responsável pelo relacionamento com os clientes e pedidos;
- i) PCP: Responsável pela Logística
- j) DEMAI: Responsável pela manutenção e instalação das linhas de produção e da fábrica como um todo.

**- Unidade 04 (Metalúrgica)**

Responsável pela fabricação e reciclagem do chumbo, matéria-prima principal para a confecção dos diversos tipos de bateria produzidas nas demais unidades.

**- Unidade 05 (REPLA e INJETORAS)**

Reciclagem do plástico, fundição de buchas (base para os pólos da bateria) e confecção das caixas e tampas utilizadas nas linhas de montagens na UGB-02 e 03.

**- Unidade 08 (MBI)**

Responsável pela fabricação e montagem das Moura Baterias Industriais (MBI).

**2.3. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO****2.3.1. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 01(UGB-01)**

A UGB-01 é subdividida em quatro processos interdependentes sendo eles:

- Produção de óxido;
- Empaste;
- Cura e Secagem;
- Fundição de Grades.

A seguir tem-se o fluxograma geral da UGB-01 representado na figura 2.

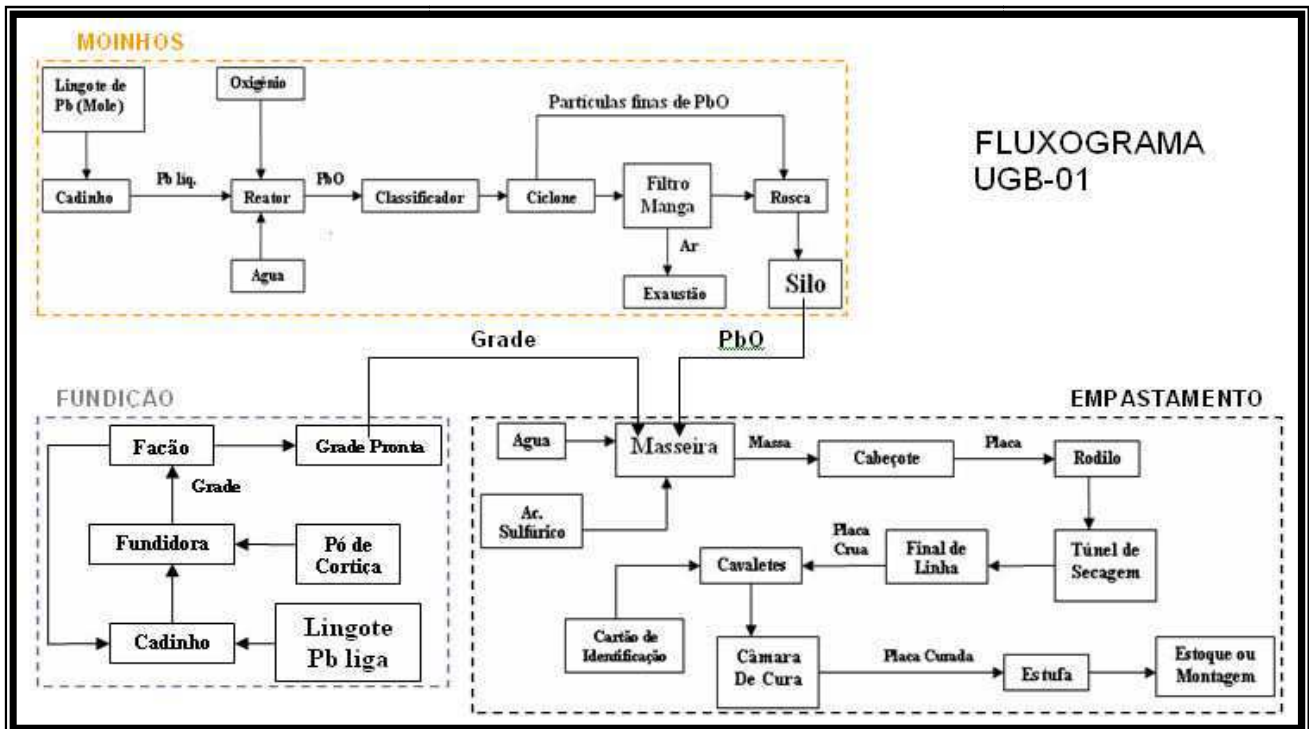


Figura 2. Fluxograma dos Processos UGB01

## 1. Produção de óxido

O óxido de chumbo é obtido de duas maneiras uma por moinho de atrito (ver figura 3), ou moinho de bolas, e por reator tipo Barton (ver figura 4). Os óxidos obtidos por essas duas rotas apresentam características distintas não sendo possível concluir qual processo apresenta melhor óxido.

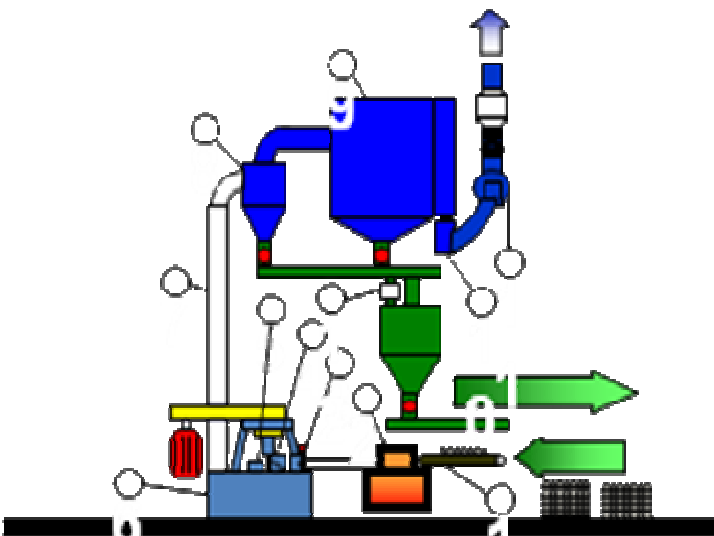


Figura 4. Reator tipo Barton

(Fonte: Patricio Rodolfo Impinisi XII Enbat Curitiba 12/2009.)

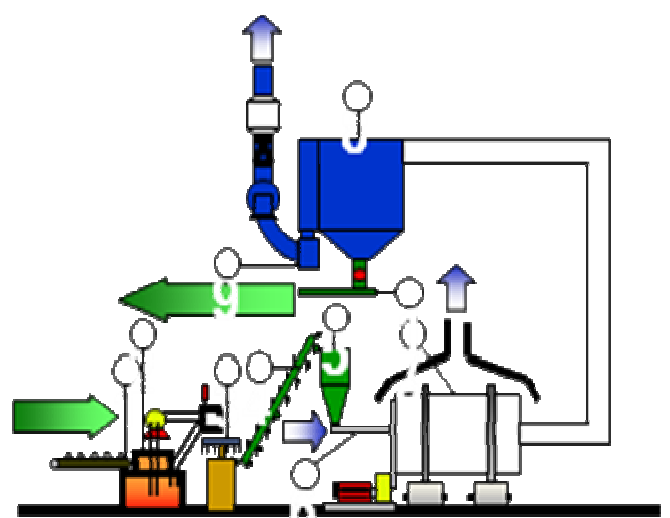


Figura 3. Moinho de atrito

(Fonte: Patricio Rodolfo Impinisi XII Enbat Curitiba 12/2009.)

Para selecionar um dos tipos de óxido deve ser levado em consideração qual o tipo de serviço a bateria será exigida durante sua vida útil, se automotivo ou tracionário. A experiência indica que podem ser considerados os seguintes fatores:

1. O óxido de Barton é menos reativo que o óxido de atrito;
2. A temperatura de mistura da pasta será menor quando se utiliza óxido de Barton.
3. Pastas feitas de óxido de Barton são inviáveis para endurecimento rápido;
4. Óxido tipo Barton não apresenta alta área de superfície que é desejável para o desempenho das baterias na partida dos carros;
5. Óxido de atrito produz uma pasta mais quente, portanto, requer um bom controle de temperatura para prevenir a produção de pasta dura que pode dificultar tanto o empaste quanto a cura;
6. A velocidade da cura depende do conteúdo de óxido de chumbo na pasta; (quanto mais baixa a oxidação melhor a cura);
7. A tendência é usar óxido de Barton em baterias tracionárias e estacionárias, já o óxido de atrito deve ser utilizado em baterias automotivas; (isso não implica que o óxido de atrito não deva ser utilizado em baterias industriais e vice e versa)<sup>1</sup>.

Na tabela 2 tem-se a comparação entre os dois tipos de óxido.

Tabela 2. Comparação entre as características dos dois óxidos.

	Óxido de Atrito	Óxido Barton
Tamanho das partículas	Pequenas partículas	Partículas grandes
Reatividade no ar	Alta	Mais estável
Polimorfismo	60-70% $\alpha$ PbO 1-4% $\beta$ PbO	15% $\beta$ PbO
Absorção de Ácido (mgH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /g Óxido)	240	140-160
Area de superfície (m <sup>2</sup> / g)	2,4-2,8	0,4-1,8
Conteúdo de Chumbo livre (%)	30	25
Fácil manufatura da pasta	Pasta mais dura requer maior cuidado	Pasta mais macia requer menos cuidado
Cura da pasta	Curas rápidas	Curas medianas
Performance da bateria	Capacidade inicial alta e possível ciclagem baixa	Boa ciclagem porém pode resultar em baixa capacidade inicial
Ciclagem profunda	Frequentemente boa	as vezes boa
Controle de Processo	Fácil	Mais difícil porém pode ter a ajuda de programas computacionais
Taxa de produção (kg/h)	até 1000	300-800
Consideração de investimentos	Custa mais; requer mais espaço; barulhento; manutenção cara	Baixo custo inicial; compacto; relativamente quieto; menor custo de manutenção; u:
Energia usada (kWh/t)	100-300+	até 100

(Fonte: Journal of Power Sources 1996<sup>1</sup> pag 17- 24)

### - Funcionamento do Moinho Barton

O chumbo fundido é injetado no reator contendo óxido onde há um agitador mecânico responsável por dispersar o material em gotículas que oxidam rapidamente.

A reação 1 é espontânea e ocorre liberando energia sob a forma de calor.



A temperatura é controlada pela adição de água de forma a sempre mantê-la constante. A corrente de ar formada pelo exaustor é responsável por fornecer oxigênio e carregar as partículas de óxido formadas para o sistema de separação.

### - Funcionamento Moinho de Atrito.

O lingote de chumbo é fracionado em pequenas peças e alimenta o reator que possui um moedor.

O choque entre essas peças promove a geração de calor responsável por iniciar a reação.

Como a reação é espontânea ela gera calor suficiente para manter a reação constante.

Da mesma forma que o reator Barton, o moinho de atrito tem sua temperatura controlada pela adição de água.

A corrente de ar formada pelo exaustor é responsável por fornecer oxigênio e carregar as partículas de óxido formadas para o sistema de separação.

## 2. Empastamento

O óxido, após ser maturado nos silos, é pesado nas balanças para então ser utilizado nas masseiras. As masseiras são reatores do tipo batelada, onde ocorrem as reações de sulfatação da massa.

Existem vários tipos de sulfatos de chumbo e cada um contribui diferentemente para as características das placas. Os sulfatos de chumbo mais importantes são o sulfato de chumbo neutro (ou simplesmente sulfato de chumbo), e os sulfatos de chumbo básicos (monobásico, tribásico e tetrabásico). O sulfato de chumbo monobásico possuiu estrutura cristalina na forma

de pequenas agulhas e exerce um papel negativo sobre a coesão entre as partículas na massa dificultando seu empastamento e contribuindo para a queda de massa durante a formação e durante os ciclos de carga e descarga do acumulador<sup>2</sup>.

O principal objetivo da mistura da pasta é de se obter uma pasta com as características a seguir:

- Boas propriedades de fluxo plástico;
- Mistura suficiente para uma cura efetiva;
- Textura uniforme;
- Densidade controlada e definida;
- Mínimo de sulfatos monobásico de chumbo;
- Composição homogênea;
- Formulação especificada<sup>3</sup>.

#### - Descrição do processo de Empaste

1. Os componentes da massa são adicionados ao óxido de chumbo nas quantidades formuladas (placa positiva: água, fibra e  $H_2SO_4$ , negativa: água, ácido sulfúrico, negro de fumo, sulfato de bário e lignina).
2. A massa é comprimida contra as grades por meio do cabeçote;
3. Feito isto, as placas são passadas num túnel de pré-secagem com a finalidade de secar a massa na grade para evitar seu desprendimento na cura.

A figura 5 ilustra de modo simplificado os equipamentos utilizados no empaste das placas.

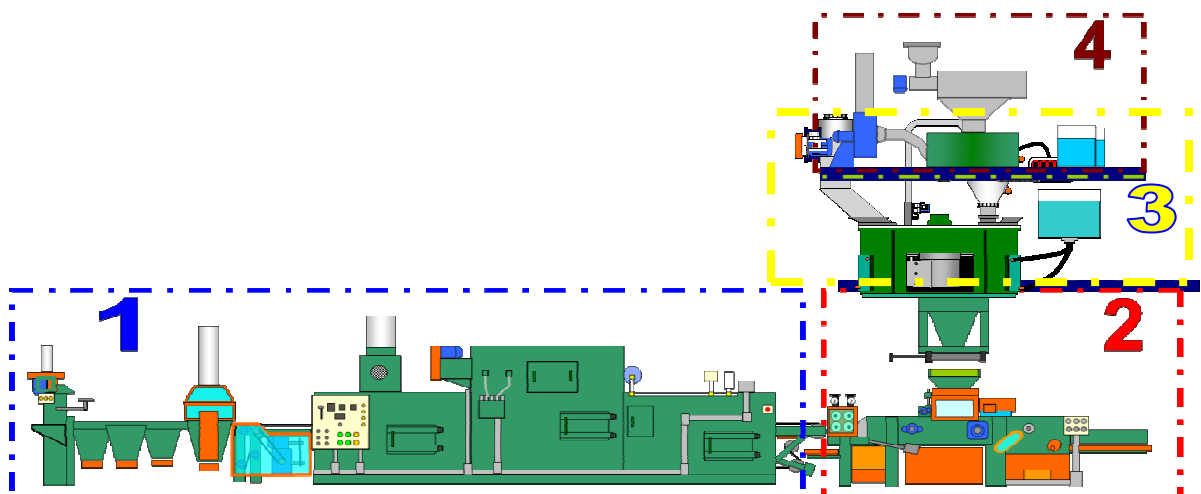
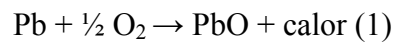


Figura 5. Túnel de secagem 1, cabeçote e cone 2, masseira 3 e balança 4.

### 3. Cura e Secagem

Durante o processo de cura das placas deve ser assegurado que ocorra:

- O processo de oxidação do chumbo livre da pasta necessita de água como catalisador e oxigênio como oxidante. Neste processo a água é um catalisador, no entanto isto não impediu a difusão do oxigênio.



Tem-se demonstrado também que a quantidade de água determina a velocidade da reação de oxidação do chumbo livre e que esta deve ser controlada não só na superfície da placa, mas em seu interior. A velocidade da reação é máxima para conteúdos de água entre 6% e 9% em peso, figura 6.

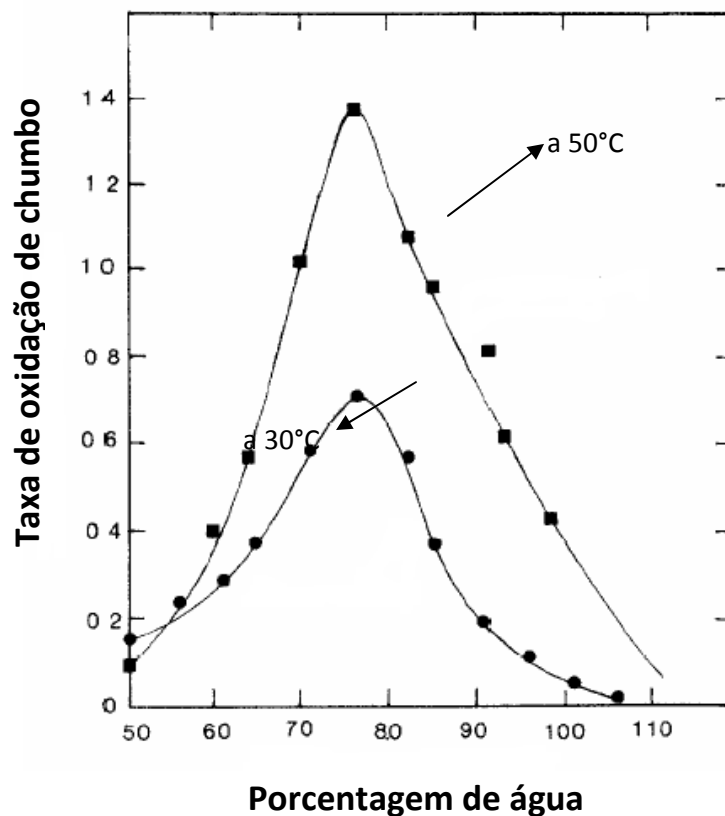


Figura 6. Taxa de Oxidação do Pb livre<sup>4</sup>

(Fonte: Power Sources 2, Pergamon, Oxford, 1968, PP. 55-65)

- A grade deve corroer para assegurar uma boa adesão entre a grade e a placa, de forma tal que a grade possa ser movimentada sem desprendimento do material. Este processo também necessita da água como catalisador, pois é, no fundo, também um processo de oxidação do chumbo, e necessita do oxigênio como oxidante.
- Outro processo na cura é a recristalização da pasta dando lugar ao material precursor. Este é um processo que necessita só de água. A placa em relação a este processo pode estar saturada em água, pois não se necessita do oxigênio.
- Ao final do processo de cura deve-se proceder a secagem do material precursor da placa para assegurar um rápido processo de formação e um perfeito controle sobre o processo de sulfatação do material precursor. A secagem das placas não deve ser programada a altas temperaturas, pois dessa maneira ela se processa rapidamente gerando trincas nas placas e também incompleta reação de oxidação do chumbo ainda presente nas placas.

A cura das placas é realizada em estufas com temperatura e umidade controlada como ilustrado pelo sistema da figura 7.

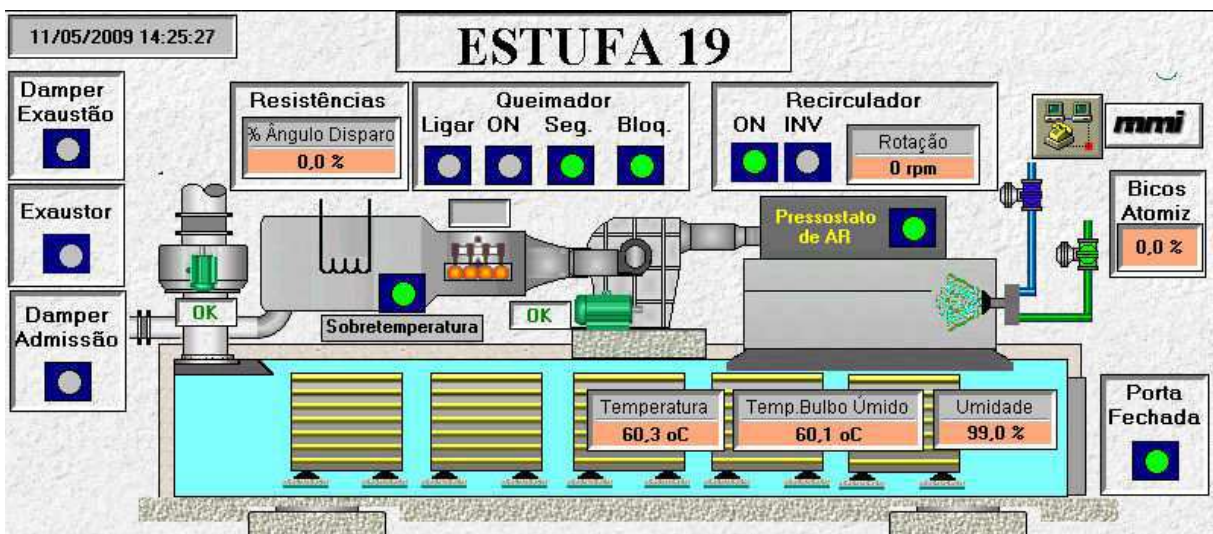


Figura 7. Estufa com controle de temperatura e umidade.



#### 4. Fundição de grade

A seguir é descrito o processo de fundição. A liga (Ag e Sn na positiva e Ca na negativa) de Pb derretida no cadinho é vazada em molde com controle de temperatura. A cada ciclo produzem-se duas grades (painel). Nas ligas de grades positivas faz-se necessário a utilização da cura artificial para o endurecimento completo das grades.

#### 5. Fundidoras

Existem dois tipos de fundidoras: 22 *wirtz* e 9 *winkel*. As *wirtz* têm velocidade de produção menor e mesa maior, já as *winkel* têm a mesa menor e velocidade de produção maior.

#### 6. Cadinhos

Existem 13 cadinhos que derretem diferentes lingotes de chumbo. Do 1º ao 5º e o 13º produzem painéis de Chumbo com Cálcio; Do 6º ao 9º, o 11º e o 12º produzem painéis de Chumbo com Prata; O 10º produz painéis de Chumbo e Estanho.

### 2.3.2. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 02 e 03(UGB-02 e 03)

#### 1. Linhas de Montagem

As placas são então colocadas na TEKMAX (TKM) aonde num cabeçote vão as placas negativas e em outro as placas positivas, sendo estas inseridas em envelopes para isolá-las das negativas. Formam-se então na TKM os elementos que são a junção das placas positivas e negativas, de onde será formada a célula.

Os elementos são levados por esteiras até a TBS, onde manualmente o operador retira os elementos da esteira e os coloca nas cestas, que são ajustadas pelo operador ou pela máquina, para um bom alinhamento das orelhas. A TBS é constituída de 04 “tempos”. O primeiro consiste do que foi descrito acima. O segundo consiste de uma “lubrificação”, com óleo, das extremidades das orelhas dos elementos para obter uma melhor solda do *strap*. O terceiro consiste da solda dos *straps*, unindo as placas positivas e negativas, formando então a

célula de carga da bateria, esta solda é feita de tal forma que possibilite posteriormente a ligação de todas as células. No quarto tempo, outro operador retira as células da TBS colocando-as na caixa da bateria. Esta caixa vem com furos nas paredes centrais para ligação das células como dito anteriormente. Os furos das paredes internas das caixas são feitos manualmente, e as caixas passam por um breve aquecimento na região dos furos para reduzir as rebarbas nestes.

Após passar pela TBS, a caixa com as células passa pela solda *intercell* (SIC), para fazer a união das células. Esta solda é feita por aquecimento por corrente elétrica, localizado exatamente na região dos furos das paredes da caixa, produzindo assim os circuitos em série positivos e negativos.

A bateria agora quase totalmente montada passa por um Teste de Curto-Circuito (TCC), para verificação de contatos entre elementos positivos e negativos. Aprovado no TCC, a mesma segue para a selagem das tampas, onde as tampas são encaixadas manualmente nas caixas e seguem para a seladora (SLR), que por aquecimento e fundição das pistas de selagem da caixa e da tampa e posterior união de ambas, une-as sem vazamento.

Após a selagem da bateria, executa-se a fabricação dos bornes na levantadora de bornes (LVB) ou manualmente, fundindo diretamente os postes que são feito na TBS aos bornes das tampas quando automático ou adicionando-se mais chumbo com a fundição nos bornes de um bastão de chumbo, por maçarico.

Após todas estas etapas conclui-se a montagem da bateria, fazendo-se o teste de vazamento (TVZ), no qual o equipamento sopra ar até certa pressão na bateria. Neste instante as baterias são colocadas em paletes para serem levadas à formação (colocação de solução de ácido e carga elétrica). A Figura 8 representa o fluxograma do processo de montagem das baterias descrito acima.

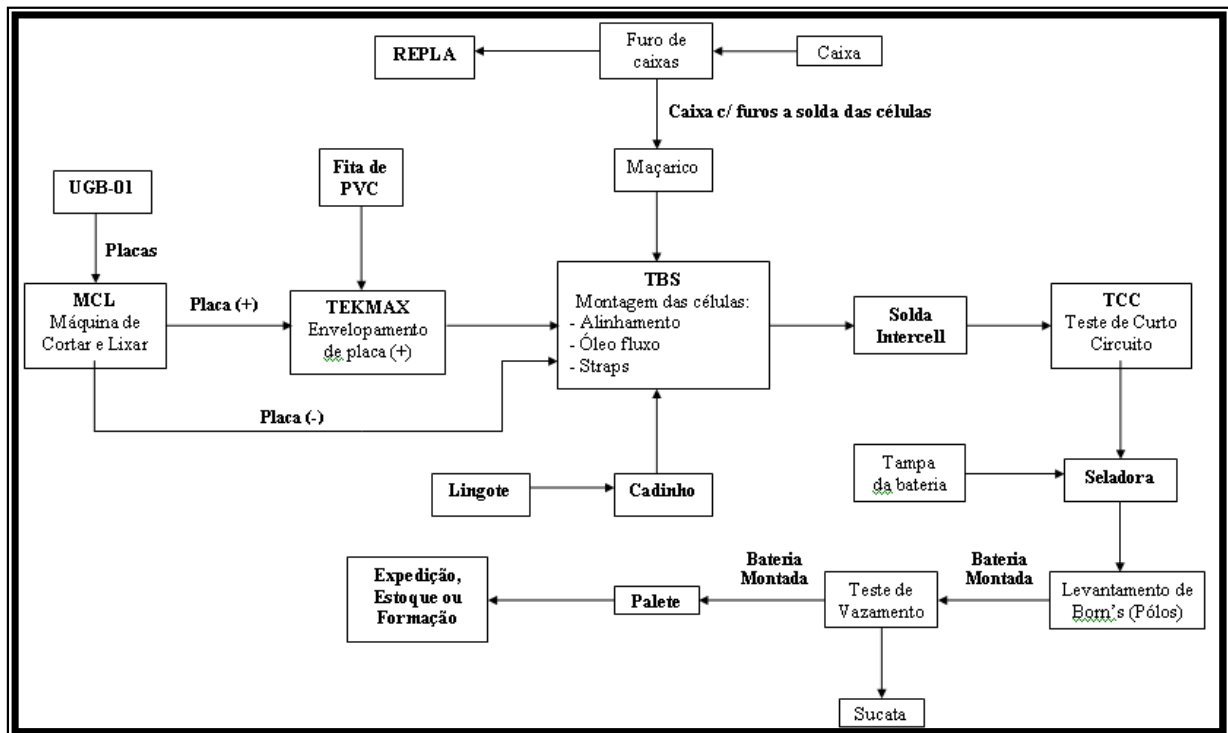


Figura 8. Fluxograma do Processo de Montagem de Baterias UGB02 e 03.

Abaixo segue o modelo de uma linha de montagem da UGB-02 figura 9.

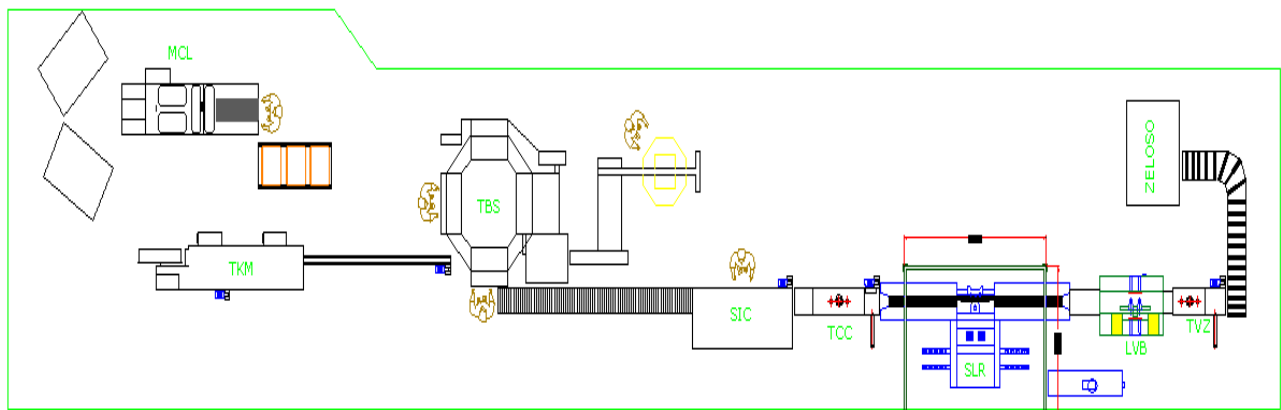


Figura 9. Esquema da linha 3 de Montagem

(Fonte: Lucinaldo Silva Planta Industrial UGB-02)

### 2.3.3. UNIDADE GERENCIAL BÁSICA 04 (UGB-04)

#### 1. Formação

O processo tem seu início com a preparação da água que é recebida diretamente da barragem e na central de tratamento é passada por diversas etapas para que atenda as necessidades do processo. A água é passada pelo desmineralizador (troca iônica) e pelo dessanilizador (osmose reversa), estando apta para ser utilizada no processo. Parte dessa água vai para as masseiras e o restante formará a solução com o ácido sulfúrico.

Esse ácido geralmente já está em condições para ser usado, não precisando fazer nenhum tipo de análise. O ácido é bombeado para o reservatório, que prepara as soluções de acordo com a POP ANM 6716, ali é atingido à densidade requerida.

Ao resfriar, a solução é bombeada para os tanques de solução pronta, com uma temperatura menor que 50° C e bombeadas para as masseiras com temperatura de 41° C.

Existem três tanques de solução, TQ1, TQ2, TQ3 de densidades 1200, 1160 e 1280g/L respectivamente. O primeiro é destinado à formação de baterias reposição e montadoras. O segundo é destinado para formação de baterias de exportação e o terceiro é destinado ao acabamento para o nivelamento de solução das baterias formadas. Uma vez que, durante a formação, parte da solução é consumida, e outra é evaporada devido ao aquecimento, faz-se necessário completar o nível de solução.

Para iniciar o processo de formação, a bateria é transportada do estoque de baterias montadas até a MEN (Máquina de Encher e Nivelar), que é o equipamento responsável por encher e nivelar a solução, através de esteiras a bateria é transportada para os bancos. Devido ao fato de as reações que ocorrem durante a formação serem exotérmicas, as baterias ficam imersas em água para que se possa controlar a temperatura em torno de 51°C durante a formação. Esta água fica aquecida e se faz necessário a circulação da mesma em torres de resfriamento para se manter a temperatura adequada.

O processo de formação segue um plano que varia de acordo com o modelo da bateria. Esse plano prevê o tempo, a corrente elétrica, a tensão e o número de baterias por circuito. Nestes circuitos, as baterias são interligadas por meio de barras de chumbo, conectando o pólo negativo da antecessora com o positivo da sucessora.

A unidade de formação dispõe de uma subestação, que recebe energia elétrica diretamente da CHESF e de uma série de retificadores para cada circuito que é montado, que convertem a tensão da fornecedora de energia de alternada para contínua que é a utilizada

para dar a carga na bateria montada. Depois de formadas, as baterias são encaminhadas para o acabamento na própria UGB-04.

## 2. Acabamento

No acabamento existem três linhas em funcionamento, onde as baterias recebem os detalhes finais para que possam ser enviadas para o mercado.

No início do processo, a bateria que vem da formação passa pela MAN (Máquina de Auto Nivelar). Essa etapa são medidas a densidade e a temperatura, se estiverem com estes parâmetros dentro das especificações, as baterias têm o seu nível de eletrólito repletado. Depois a bateria é encaminhada à MLS (Máquina de Lavar e Secar) seguido de um polimento no Borne. O próximo passo do processo é a TAD (Teste de Alta Descarga) onde são simuladas as condições de partida. Se aprovada a bateria é encaminhada a SLR (Seladora de Sobre Tampa) e em seguida a TVZ (Teste de Vazamento) no qual é submetida a uma pressão de aproximadamente  $0,145 \text{ Kgf/cm}^2$ .

O passo seguinte é a codificação a laser da bateria, para finalmente chegar à PLT, onde ela é plastificada e está pronta para expedição. Neste local, a bateria é vistoriada pelo Controle de Qualidade, encerrando o processo de fabricação. O Acabamento tem capacidade de produção média de 8.000 baterias/dia. Na figura 10 é ilustrado o fluxograma e um modelo das linhas do acabamento.

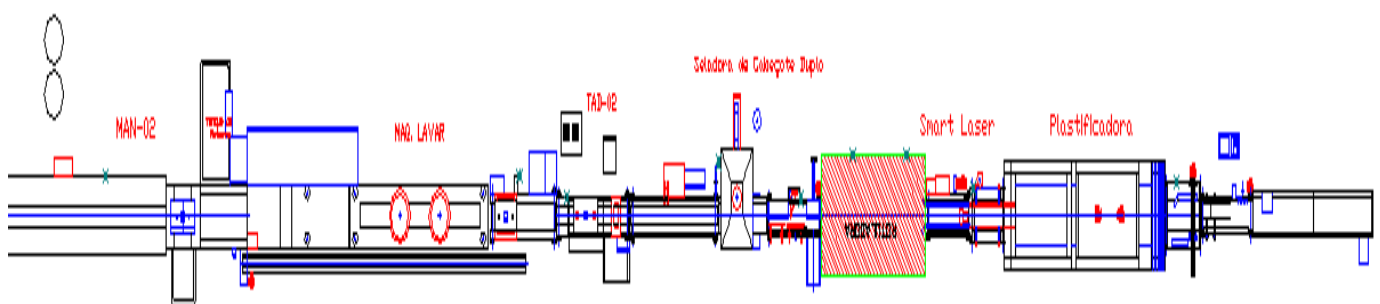


Figura 10. Modelo da linha 2 do acabamento.

(Fonte: Lucinaldo Silva Planta Industrial UGB-04)

## **2.4. PROGRAMA DE QUALIDADE: GQT (Gestão pela Qualidade Total)**

Em 1993, a Moura, com o objetivo de atender plenamente às necessidades do consumidor final e de se tornar uma empresa mais competitiva do setor, por meio da plena participação dos seus funcionários, implantou o Programa de Qualidade Total (PQT).

Como consequência da adoção do PQT, em 1995, ela obteve a Certificação ISO 9001 e mantém até os dias atuais. Em 1999, obteve o certificado QS 9000, que é constituído pelas normas das séries ISO 9000 acrescidas de exigências da indústria automotiva americana (*Ford, Chrysler e GM*).

Em dezembro de 2000, o *American Bureau of Shipping Quality Evaluations (ABS)* revalidou a certificação para Acumuladores Moura S/A, que garante a qualidade total desde o projeto até a assistência técnica.

Em 2003, o Grupo Moura trabalhou para que suas unidades fabris fossem certificadas com o ISO 14001, que é um certificado internacional que deu a empresa o *status* de empresa ecologicamente correta.

Em 2004, O Grupo MOURA foi certificado com a ISO/TS, que é um certificado de qualidade específico para montadoras de automóveis.

### **2.4.1. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)**

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance - TPM*) traduz a vontade de manter o Status Produtivo à plena carga, sem interrupções ou perdas inesperadas e com a colaboração de todos na organização. O conceito de metodologia é desenvolvido utilizando a restauração dos equipamentos para reeducação das pessoas na pró-atividade. Pró-atividade na eliminação das perdas nos equipamentos, tornando-os confiáveis em um processo capaz de produzir produtos que atendam às expectativas dos clientes em qualidade, custo e quantidade.

O TPM envolve desde a alta direção até os operadores que realizarão atividades de mudança e, gradativamente, resultará em um ambiente adequado, livre de problemas e produtivo. O conceito do TPM é “A Gestão da Performance Total com o envolvimento de todos os funcionários”, ou seja, o TPM promove a integração entre homem, máquina e empresa, tanto nos aspectos administrativos como operacionais.

A figura abaixo mostra os pilares que servem de base para o TPM:

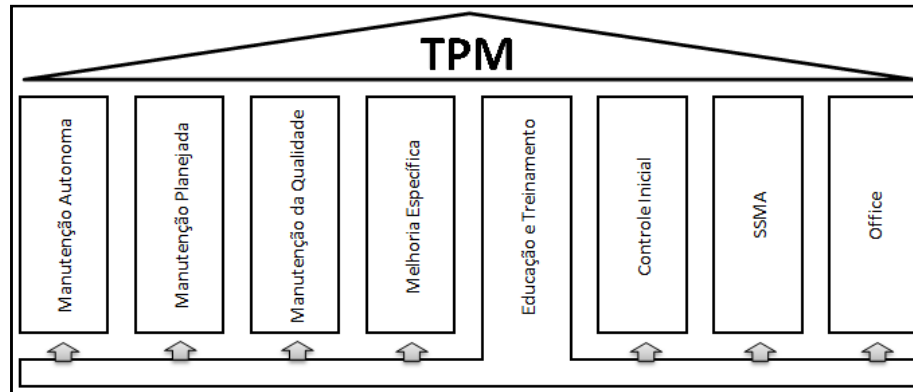


Figura 12. Pilares do TPM

Atualmente, na Acumuladores Moura, apenas os pilares de Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Melhoria Específica e Educação e Treinamento estão implementados.

#### 2.4.2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Este é um dos pilares mais bem consolidados na Moura, pois ele já é bastante difundido no chão de fábrica, cerca 100% dos funcionários possuem conhecimento das ferramentas dos GMA's.

A Manutenção Autônoma tem o papel de fazer com que as equipes de manutenção e produção trabalhem em conjunto para estabilizar as condições e parar a deterioração dos equipamentos. Dessa forma, a produção e a manutenção se tornam capazes de melhorar a “saúde” dos equipamentos. Estas atividades incluem limpeza e inspeção, lubrificação, checagem de equipamentos de precisão e outras pequenas intervenções de manutenção. Os GMA também ajudam os operadores a conhecer melhor o funcionamento de seus equipamentos, quais problemas podem ocorrer e por quê, e como tais problemas podem ser previstos por meio de pré-deteção e do tratamento de condições anormais.

#### 2.4.3. MANUTENÇÃO PLANEJADA

No TPM, o pilar de Manutenção Planejada mantém uma importante relação com o pilar de Manutenção Autônoma criando um sistema de manutenção planejada focando a

quebra zero. Em um sistema de Manutenção Planejada, o pessoal da manutenção realiza dois tipos de atividades: atividades que melhoram os equipamentos e atividades que melhoram a tecnologia e a capacidade da manutenção.

O objetivo da Manutenção Planejada é a “Quebra Zero”. Para conseguir atingir esta meta, a busca da eliminação das perdas do equipamento é uma chave importante e é fortemente apoiada pela manutenção planejada, que deve ter bem claro os desdobramentos do objetivo da quebra zero. Estes objetivos são: estabelecer e manter as condições ótimas do equipamento de modo eficiente e a um custo mínimo.

#### **2.4.4. MELHORIA ESPECÍFICA**

O principal objetivo dos grupos de melhoria é maximizar a eficiência do sistema produtivo através da eliminação das perdas em toda a empresa e como missão garantir a melhoria do processo através da capacitação das pessoas e identificação de perdas.

Os Grupos de Melhoria Específica (GME) são formados por funcionários dos setores produtivos envolvidos no projeto. As equipes devem ter competência técnica para sugerir e realizar as melhorias, sendo geralmente formadas por operadores, mecânicos, eletricitas e um facilitador de TPM (que auxilia na metodologia e organização do grupo).

O foco da participação no grupo foi ter um maior conhecimento sobre as ferramentas de gestão da Empresa e a melhoria gerada pelo grupo foi na Logística. A ferramenta mais utilizada é o PDCA (*Plan, Do, Check and Action*).

##### **1. Metodologia PDCA**

A metodologia utilizada pelos grupos de melhorias e nos projetos de MASP (método de análise e solução de problemas) é o PDCA em 8 etapas, que é um método muito utilizado nas empresas para controle de processos.

O ciclo PDCA é uma proposta de abordagem organizada para qualquer tipo de problema. Onde se pode orientar de maneira eficaz/eficiente a preparação e a execução de atividades planejadas para a solução de um problema.

É um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias a Figura 13 ilustra as principais etapas do ciclo.



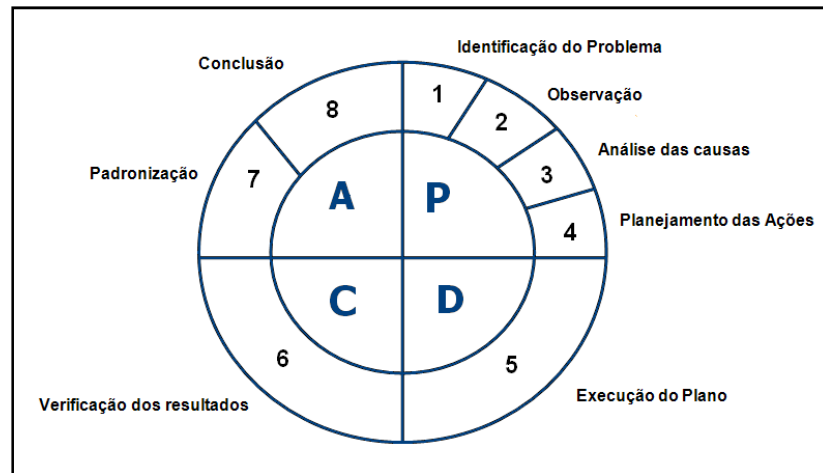


Figura 13. Ciclo PDCA

O ciclo é composto das 8 etapas descritas na Tabela 3, onde constam as etapas e seus respectivos objetivos.

Tabela 3. Etapas do PDCA<sup>5</sup>.

MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMA			
PDCA (fase)	FLUXOGRAMA	ETAPA	OBJETIVO
P	01	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER SUA IMPORTÂNCIA
	02	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO PROBLEMA COM UMA VISÃO AMPLA E SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA
	03	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
	04	PLANO DE AÇÃO	ELABORAR UM PLANO PARA BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
D	05	EXECUÇÃO DO PLANO	BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
C	06	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO
	?	BLOQUEIO FOI EFETIVO?	UTILIZAR ITEM DE CONTROLE PARA AVALIAR
A	07	PADRONIZAÇÃO	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA
	08	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA PARA TRABALHO FUTURO

### 1ª Etapa: Identificação do Problema

Essa é a etapa de se definir claramente o problema e reconhecer sua importância. Por isso são montados gráficos de pareto, e a partir de então definido a meta e contabilizado os ganhos potenciais.

Nessa etapa também é feito o planejamento de execução de cada etapa do ciclo PDCA.

## **2ª Etapa: Observação do Problema**

Na segunda etapa são investigadas as características específicas do problema com uma visão ampla. As ferramentas utilizadas são o 5W1H e o Conhecendo o Problema, onde o problema é graficamente explicado (fotos ou desenhos que exemplifiquem a situação).

## **3ª Etapa: Análise**

Na fase de análise são descobertas as causas fundamentais do problema e realizadas disposições imediatas. As ferramentas utilizadas nessa etapa são o *Brainstorming*, o Ver e Agir (formulário preenchido para planejamento das ações mais simples de se resolver) e o Causa e Efeito.

## **4ª Etapa: Planejamento das Ações**

É elaborado um plano de ação para bloquear as causas fundamentais do problema, contendo as ações, os responsáveis e o cronograma de execução das ações.

## **5ª Etapa: Execução do Plano de Ação**

A execução do plano de ação é a etapa mais demorada, que consiste na implantação das melhorias através da execução do plano de ação.

## **6ª Etapa: Verificação**

Na verificação é avaliada a eficácia das melhorias implantadas e seu impacto no Item de Controle.

Se as ações tomadas conseguiram bloquear as causas do problema e a meta foi atingida, o próximo passo é a padronização das melhorias para garantir a manutenção dos

resultados. Caso contrário é requerido uma nova observação do problema, ou seja, volta-se para a 2ª etapa.

A ferramenta utilizada é o gráfico de controle, com o acompanhamento mensal do resultado e se pode atingir meta.

### **7ª Etapa: Padronização**

O objetivo dessa etapa é a prevenção contra o reaparecimento do problema.

A padronização consiste em:

- Elaborar ou alterar POP's (Procedimento Operacional Padrão);
- Elaborar LPP's (Lição Ponto a Ponto);
- Registrar e treinar os envolvidos nas melhorias implantadas.

### **8ª Etapa: Conclusão**

Esta é a última etapa do ciclo, onde é feita uma recapitulação do PDCA e quando se analisa a viabilidade de replicações das melhorias implantadas para áreas ou equipamentos semelhantes.

Nesta etapa é feita uma reflexão sobre as atividades desenvolvidas durante o ciclo de trabalho, e sobre os trabalhos futuros.

## **2.4.5. EDUCAÇÃO E TREINAMENTO**

As empresas progridem desenvolvendo incessantemente seus recursos humanos e assegurando que todos os empregados exerçam seu potencial total. O TPM visa criar ambientes empresariais capazes de responder positivamente ao clima em constante mudança dos negócios, aos avanços tecnológicos, à sofisticação do equipamento e a inovações gerenciais.

### 3. ACUMULADORES DE CHUMBO ÁCIDO

#### 3.1. FUNCIONAMENTO DAS BATERIAS

A conversão de energia química em energia elétrica (conversão eletroquímica), como a que ocorre em acumuladores, por exemplo, é um dos processos mais eficientes de conversão de energia, sendo muito mais eficiente que a conversão de energia química em energia mecânica (conversão termoquímica), por exemplo pela combustão de gasolina ou álcool em um motor. Do ponto de vista termodinâmico essa eficiência se deve ao fato de que a conversão eletroquímica não está limitada pelo teorema de Carnot que diz que a eficiência da conversão é relacionada com a diferença de temperatura entre fontes frias e quentes.

A armazenagem de energia em um acumulador é possível por causa da diferente tendência que diferentes substâncias têm de dar ou de receber elétrons. Elétrons são as partículas que transportam eletricidade. A quantidade de elétrons que se pode fazer passar por um circuito é o que se chama de capacidade. No entanto, do ponto de vista prático, a capacidade tem definições bastante específicas que serão vistas posteriormente.

Para esclarecer o funcionamento de um acumulador será dado um exemplo em termos de um acumulador de chumbo-ácido.

O bióxido de chumbo ( $\text{PbO}_2$ ) é uma substância com grande tendência de receber elétrons, enquanto que o chumbo metálico ( $\text{Pb}$ ) tem grande tendência de doar elétrons. Assim, quando se coloca em contato chumbo metálico com bióxido de chumbo e são estabelecidas condições para que elétrons possam caminhar de um para outro, a transferência de elétrons do chumbo para o bióxido de chumbo se dará com extrema facilidade. Para se estabelecer estas condições é importante saber exatamente o que está ocorrendo com o material ativo (isto é, chumbo e bióxido de chumbo), após a transferência dos elétrons. Em quais substâncias químicas o chumbo e o bióxido de chumbo irão se transformar após a transferência de elétrons irá depender do meio em que eles se encontram. No acumulador de chumbo-ácido, esse meio é uma solução de ácido sulfúrico. Nesse caso, o chumbo metálico ao perder seus elétrons e o bióxido de chumbo ao receber esses elétrons, ambos, se transformam em sulfato de chumbo ( $\text{PbSO}_4$ ). Os íons sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ) necessários a essa transformação, são provenientes do ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

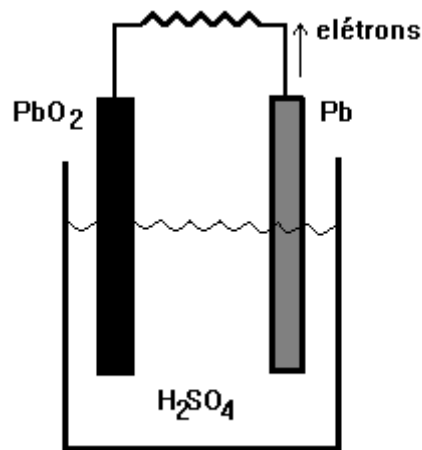
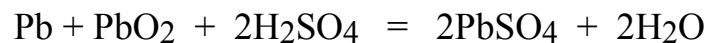
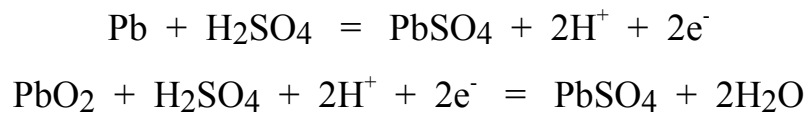


Figura 14. Modelo de baterias.



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. Como fazer com que os elétrons sejam transferidos eficientemente 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, diz-se que num 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 imersa em uma solução de ácido sulfúrico.

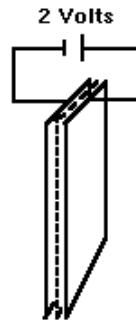


Figura 15. Célula de uma bateria.

Esta unidade constitui o que se chama de célula. Quando o acumulador está carregado, as placas positiva e negativa 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 voltagem é uma função principalmente da densidade da solução de ácido sulfúrico absorvida na placas.

A quantidade de carga que essas placas podem fornecer é uma função da quantidade de material ativo presente. Se dobrarmos o tamanho das placas, teoricamente dobraremos a quantidade de carga disponível. Ao invés de aumentarmos o tamanho das placas, poderemos ligar uma outra placa positiva à placa positiva original e uma outra placa negativa à placa negativa original (esse tipo de ligação é chamada de ligação em paralelo). Desse modo obtém-se o que se denomina de elemento figura 16.

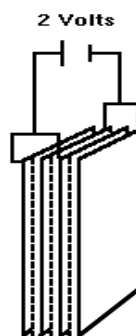


Figura 16. Elemento de uma bateria

Desejando-se aumentar a diferença de potencial do acumulador, deve-se ligar dois ou mais elementos como o descrito acima, de modo que as placas positivas se liguem às placas negativas (esta ligação é chamada de ligação em série). Elementos ligados em série devem estar em compartimentos separados. Isto é, a solução de um elemento não deve entrar em contato com a de outro elemento. Se isto ocorresse, os elementos se descarregariam, pois existiria um circuito elétrico fechado através da solução. Com a ligação em série, pode-se aumentar a voltagem de 2 em 2 volts.

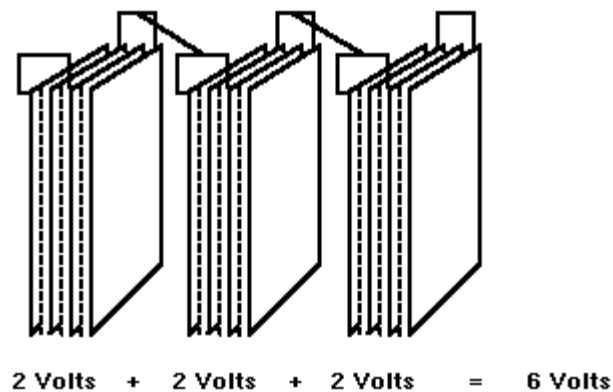


Figura 17. Elementos ligados em série.

Pode-se observar, portanto, que existe uma relação dimensional das placas com as propriedades elétricas do acumulador. Estas relações podem ser ainda mais detalhadas se considerarem as condições em que o acumulador irá operar. Se o acumulador sofre uma descarga lenta, à medida que o ácido sulfúrico absorvido pelas placas é consumido, mais ácido que está presente na região entre as placas poderá se difundir para o interior das placas e garantir a continuidade da descarga. Para tal, a porosidade dessas placas é importante. Nesse tipo de processo a espessura das placas não é um fator tão importante quanto é no caso de descarga rápida (a altas correntes). Neste caso, o consumo de ácido nas placas é maior que a velocidade de difusão do ácido. Assim, é importante que as placas sejam finas para que a difusão seja facilitada, isto é, para que a maior parte do material ativo esteja na superfície, e não no interior das placas.

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 recarga, 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 voltagem excessiva utilizada na recarga. Ainda na placa positiva, pode ocorrer um consumo de oxigênio proveniente da água presente na solução. Na placa 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 grade.

Como já foi mencionado, do ponto de vista prático, um acumulador de chumbo-ácido é essencialmente constituído por placas de material ativo (bióxido de chumbo e chumbo) suportadas em grades de chumbo. A função principal das grades de chumbo é de suporte mecânico e contato elétrico. 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. As placas são imersas em uma solução de ácido sulfúrico. 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 a 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. Em geral a caixa possui uma tampa que é selada na parte superior da mesma, tampa esta que pode ou não possuir orifícios para a manutenção do acumulador (adição de água ou solução de ácido sulfúrico), mas que obrigatoriamente permitirá a saída de gases eventualmente gerados pela bateria.

Desse modo, podem-se resumir como componentes de um acumulador de chumbo:

- Placas: material ativo (chumbo e bióxido de chumbo) e grades
- Separadores
- Pequenas peças de chumbo
- Caixa/Tampa
- Solução de ácido sulfúrico



Antes de se falar sobre cada um desses itens em particular, será comentado sobre as características desejáveis para um acumulador de chumbo-ácido.

### **3.2. CARACTERÍSTICAS DE UMA BATERIA**

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, no entanto, 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, etc.

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 freqüentemente sujeito a vibração das mais diversas. Portanto, o acumulador deve ser capaz de suportar estas vibrações. Por outro lado, um acumulador não deve ser uma fonte de risco para o automóvel ou seus ocupantes.

Existem especificações que descrevem todas as características desejáveis. Assim fala-se da tensão da bateria, resistência interna da bateria, 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) e resistência à sobrecargas.

Em resumo, 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 por vários dias e manter o veículo operando por várias horas, em caso de pane do gerador;
- Poder sofrer diversos ciclos de carga e descarga;
- Sofrer baixa taxa de descarga durante armazenagem;

- Poder ser recarregado rapidamente após descarga exagerada;
- Requerer baixa ou nenhuma manutenção;
- Poder operar em diversas temperaturas;
- Não deve constituir fonte potencial de risco;
- Poder resistir a fortes vibrações mecânicas.

Estabelecidas essas características pode-se discutir em detalhe cada uma delas para uma melhor compreensão do funcionamento de uma bateria automotiva de chumbo-ácido.

### 3.2.1 TENSÃO DA BATERIA

A tensão nominal de uma bateria automotiva de chumbo-ácido é de 12V devido a ligação em série dos seis elementos que constituem a bateria onde cada um deles fornece para o sistema uma tensão nominal de 2V.

O valor real da tensão da bateria está relacionado com a densidade do eletrólito da mesma. Portanto, se uma bateria apresenta a densidade de eletrólito, por exemplo, de 1250 g/l, a tensão nominal nos pólos da bateria ficará em torno de 12,55 a 12,60 V. Isto ocorre devido ao aquecimento dos compostos químicos que compõem cada célula da bateria. Desta forma, para cada valor de densidade do eletrólito em g/l, temos um valor correspondente de tensão de circuito aberto da bateria. Esta relação pode ser vista na Figura 19. Bateria para climas temperados utiliza-se um eletrólito com 1280 g/l e tensão de 12.75 V. Para climas tropicais utiliza-se um eletrólito com densidade de 1250 g/l e tensão de 12.50 V.

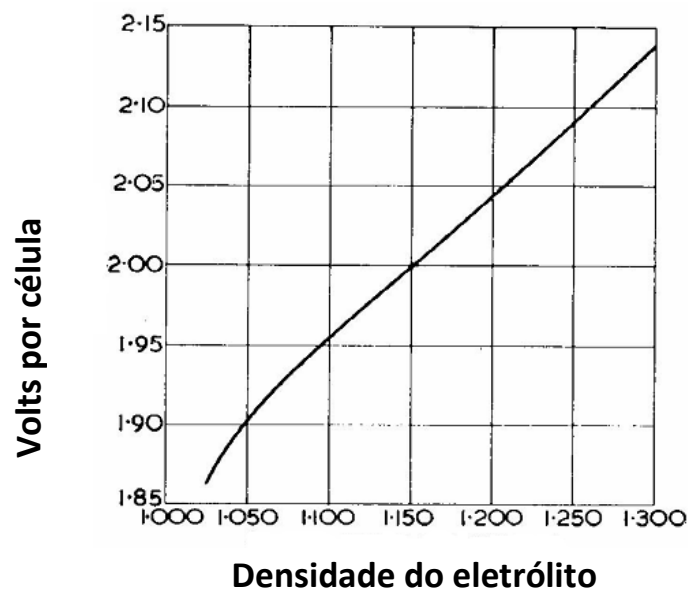


Figura 18. Relação entre a Densidade do Eletrólito e a Tensão de Circuito Aberto da Bateria<sup>6</sup>.

### 3.2.2 RESISTÊNCIA INTERNA DA BATERIA

Toda fonte de energia elétrica real possui uma resistência interna que provoca normalmente uma pequena queda de tensão não permitindo que estes tipos de sistemas sejam considerados ideais, ou seja, forneçam a uma determinada carga a tensão total que elas podem gerar. Isto ocorre também com uma bateria automotiva de chumboácido, ou seja, toda bateria possui uma resistência interna, na ordem de miliohms, portanto muito baixa, que provoca uma queda de tensão na bateria quando a mesma fornece uma corrente muito alta, como na partida de um veículo.

Portanto, a queda de tensão que ocorre imediatamente após a bateria iniciar uma descarga é função da sua resistência interna ( $R_i$ ) e da corrente de descarga.

A principal fonte de resistência elétrica da bateria é o seu eletrólito. Uma outra fonte são os separadores de polietileno utilizados para evitar o contato físico entre as placas positivas e negativas. Finalmente, temos a resistência elétrica das próprias grades das placas e dos materiais ativos das placas positivas e negativas.

A resistência interna da bateria é função do seu estado de carga e da temperatura. Quanto maior a profundidade de descarga, maior a resistência interna da bateria. Quanto menor a temperatura, maior a resistência interna da bateria.

### 3.2.3 CAPACIDADE NOMINAL

A capacidade nominal de uma bateria automotiva de chumbo-ácido é a medida da energia fornecida pela bateria em um regime de 20h a uma corrente constante até que a tensão nos pólos da bateria atinja o valor de 10,5V. Esta grandeza é medida em Ah (Ampéres-hora) e está relacionado com a quantidade de material ativo da bateria contido nas placas positivas e negativas. Além disto, segundo a lei de Faraday, a quantidade de ácido sulfúrico influencia na capacidade nominal da bateria como será visto mais adiante.

A capacidade nominal está relacionada com o regime de descarga da bateria, a temperatura da bateria e a tensão de corte (todos estes fatores devem ser mencionados ao se dimensionar a capacidade de uma bateria). Por exemplo, uma bateria 40 Ah pode fornecer 2 A continuamente por 20 h a 25°C até uma tensão de corte de 10,5 V nos pólos da bateria. Uma bateria de 100 Ah pode fornecer 5 A continuamente por 20 h a 25°C até uma tensão de corte de 10,5 V.

No uso automotivo, a bateria trabalha com largo range de corrente - centenas de A na partida e alguns A durante o passeio - nunca é descarregada com uma corrente constante. No entanto, o C20 é a grandeza padrão adotado pelas montadoras de veículos na especificação das baterias.

O ensaio de capacidade em 20h exaure a bateria até o limite de sua capacidade e, portanto dá indicação sobre a disponibilidade de material ativo e a relação ácido/massa ativa da bateria.

### **3.2.4 ALTA DESCARGA A FRIO**

No veículo, a bateria deve conseguir girar o motor de combustão através do acionamento do motor de partida e manter tensão suficiente para ativar o sistema de ignição até que o motor aqueça e mantenha sua rotação. Para isto a bateria precisa ter a capacidade de fornecer energia suficiente para partir o motor prolongando principalmente quando o veículo se encontra em regiões com temperatura ambiente muito baixa como no extremo norte da Europa.

Assim, a bateria automotiva deve ser dimensionada para fornecer altas correntes no momento da partida do motor por um período curto e a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A norma Americana SAE especifica que a bateria deve ser resfriada a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , e em seguida descarregada a uma determinada corrente constante até que a tensão nos pólos da bateria atinja 7.2 V. Este tempo deve ser maior que 30 segundos para que a bateria atenda completamente a este requisito de projeto e tenha condições de partir o veículo em regiões com esta temperatura baixa.

A norma Alemã DIN especifica que a bateria deve ser resfriada à  $-18^{\circ}\text{C}$  e em seguida descarregada a uma determinada corrente constante até que a tensão nos pólos da bateria atinja 6.0 V. Este tempo deve ser maior que 150 segundos. A tensão após 30 segundos deve ser maior que 9.0 V.

Por exemplo, uma bateria aprovada no ensaio da norma SAE ( $\text{C20} = 36 \text{ Ah} / 270 \text{ A}$ ) deveria ser capaz de dar 36 partidas consecutivas de 5 segundos antes de ficar descarregada. Se o teste SAE fosse a  $25^{\circ}\text{C}$ , a bateria deveria ser capaz de dar 70 partidas consecutivas de 5 segundos antes de ficar descarregada.

A diminuição no número de partidas demonstra a perda de capacidade da bateria quando ela é descarregada. Tal perda dura apenas enquanto a bateria está descarregada e é restaurada quando ela atinge temperaturas mais altas.

### 3.2.5 CARACTERÍSTICAS DE TENSÃO X CORRENTE DE DESCARGA

Uma resistência interna baixa é muito boa para aplicação automotiva por reduzir a queda de tensão quando a bateria alimenta cargas de alta potência, como as de uma partida do veículo.

Como a resistência interna é muito baixa, as correntes de curto-circuito são altíssimas e podem ser produzidas, por exemplo, ao se encostar um objeto de metal entre os dois pólos de uma bateria carregada. Para uma bateria de 40 Ah,  $I_{cc} > 800$  A.

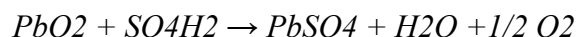
As placas da bateria não são afetadas pelas altas correntes, mas as peças de chumbo como os conectores e postes terminais podem derreter.

Muitas pessoas desconhecem este perigo e por isso recomenda-se ao se fazer qualquer trabalho na parte elétrica de um veículo, retirar inicialmente o cabo (-) e aterráló na carcaça do veículo. Ao se reconectar os cabos, ligar sempre o (+) inicialmente para evitar faíscas que possam provocar acidentes.

### 3.2.6 DESCARGA ESPONTÂNEA

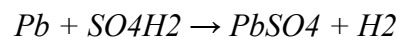
Todas as baterias de chumbo-ácido perdem lentamente a sua carga quando não estão em uso. Este fenômeno é conhecido como descarga espontânea. A taxa da descarga espontânea aumenta com o aumento da temperatura da bateria.

A descarga espontânea da placa positiva da bateria ocorre devido à seguinte reação espontânea:



Impurezas colaboram com a descarga espontânea por diminuírem o sobre potencial de liberação dos gases.

A descarga espontânea da placa negativa ocorre devido ao fato de o PB esponjoso ser termodinamicamente instável no ácido sulfúrico ocorrendo à reação química mostrada abaixo.



Na placa negativa é mais rápida a descarga espontânea do que na placa positiva porque ali se depositam as impurezas responsáveis pela diminuição do sobre potencial do Hidrogênio (H<sub>2</sub>).

Após longos períodos em estoque, o sulfato de chumbo vai recristalizando de modo difícil de quebrar durante uma recarga comprometendo desta forma a vida útil e a performance da bateria.

### 3.3. COMPONENTES DE UMA BATERIA

#### 3.3.1. ELEMENTO

Os elementos de uma bateria são constituídos de placas positivas e negativas conectadas em paralelo entre si intercaladas por separadores para evitar curto-circuito. As placas são agrupadas em lados opostos do elemento por “straps”(barras metálicas soldada as orelhas de placas de mesma polaridade).

figura 19 mostra uma ilustração de vários elementos de uma bateria.

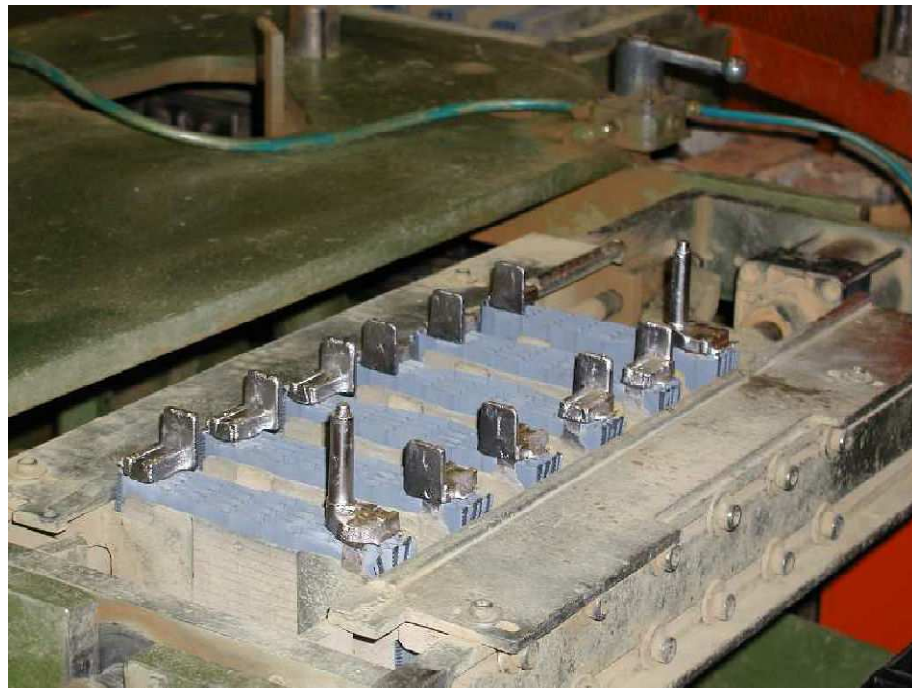


Figura 19. Elementos de uma bateria automotiva.

### 3.3.2. SEPARADOR

Os separadores são envelopes constituídos de polietileno que são responsáveis por separar as placas positivas das negativas evitando assim o curto-circuito. Também ajudam a reter massa que se desprende da grade, permitem fluxo iônico e de eletrólito por serem microporosos e possuem características de alta resistência a oxidação eletroquímica e resistência a vibrações mecânicas.

A figura 20 mostra um tipo de separador.



Figura 20. Separador de polietileno de uma bateria automotiva.

### 3.3.3. CAIXA E TAMPA

A caixa é um reservatório constituído de 6 células usadas para armazenar os elementos e o eletrólito. Cada célula contém um elemento. O material da qual é constituída é o polipropileno que tem característica de não conduzir eletricidade e ser inerte a soluções de ácido sulfúrico.

A tampa possui material idêntico ao da caixa sendo constituída de orifícios para inspeção visual da bateria e para os postes terminais. Ela é termo-selada com a finalidade de garantir a estanqueidade da bateria.

A figura 21 ilustra um modelo de caixa e tampa de um acumulador de chumbo ácido.

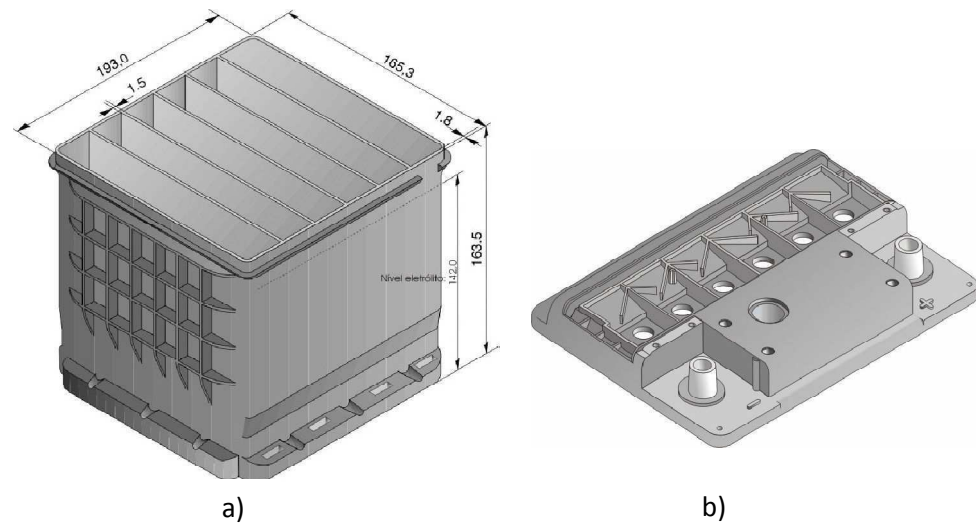


Figura 21. Caixa de uma bateria a), tampa b).

### 3.3.4. ROLHAS

São dispositivos de polipropileno utilizados para vedar os orifícios das tampas, permitindo a liberação dos gases produzidos durante o funcionamento da bateria. O seu princípio de funcionamento constitui-se de um labirinto responsável por condensar “sprays” de ácido, que são arrastados pelos gases, fazendo com que retornem ao interior da bateria.

A figura 22 ilustra um modelo de rolha utilizado nas baterias.

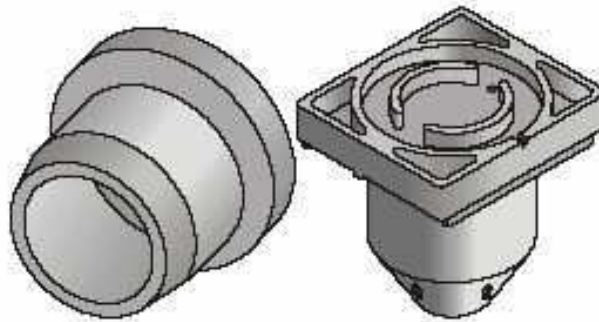


Figura 22. Rolhas de polipropileno utilizadas em baterias.



### 3.3.5. INTERCELL / TERMINAIS / STRAPS

A *intercell* é uma solda de Pb/Sb utilizada para unir os elementos em série. Essa solda é realizada nos orifícios da caixa e tem formatos variados de acordo com o modelo da bateria. A figura 23 mostra um formato da solda *Intercell*.



Figura 23. Formato esférico de uma solda intercell.

O *strap* também é constituído do mesmo material da solda *Intercell* e tem a finalidade de unir as placas de mesma polaridade em paralelo. Já os terminais são utilizados para permitir a interligação da bateria ao circuito externo automóvel.

A figura 24 mostra uma representação dos *straps*, solda *intercell* e os conectores

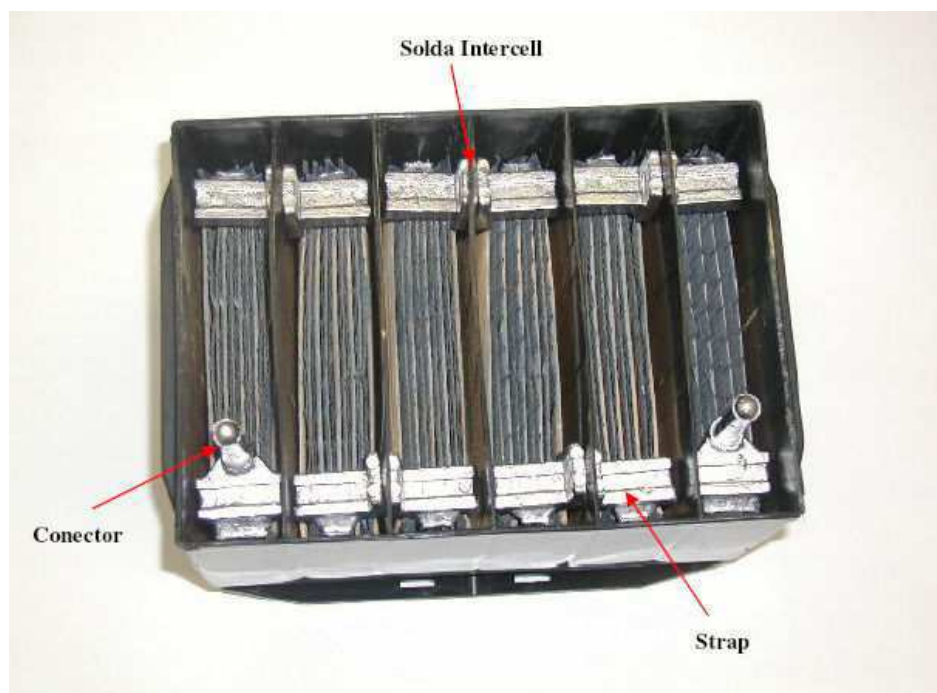


Figura 24. Vista superior de uma bateria automotiva.

Na figura 25 tem-se uma visão geral dos componentes de uma bateria automotiva.



Figura 25. Visão geral dos componentes de uma bateria automotiva.

## 4. ESTÁGIO SUPERVISIONADO

### 4.1 TREINAMENTOS

A Moura possui um excelente programa de desenvolvimento para seus funcionários, onde, antes de serem encaminhados para suas atividades específicas, passam por uma série de treinamentos. No período em que estagiei nos Acumuladores Moura, realizei os seguintes treinamentos:

*Desenvolvimento da Manutenção Autônoma (MA)* – é uma ferramenta utilizada para a manutenção do sistema de produção com o envolvimento de todos os funcionários. É um dos pilares da TPM que tem como base mais outros oito pilares para implementação do defeito zero, perda zero, acidente zero falha e quebra zero. Com o auxílio desta ferramenta, é possível observar e identificar os pontos falhos nas máquinas, para melhor planejamento de ações de manutenção preventiva.

*Gerenciamento de Projetos* – tem como objetivo fornecer os conhecimentos dos fundamentos de gerenciamento de projetos num treinamento ministrado em 16 horas. O sucesso do treinamento foi medido através da realização do plano de gerenciamento de um projeto que foi proposto como exercício durante o curso.

*Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)* – o MASP tem como principal ferramenta o PDCA. O PDCA é aplicado para se atingir resultados dentro de um sistema de gestão e pode ser utilizado em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área de atuação da empresa.

*Gerenciamento da Rotina* – o Gerenciamento da Rotina acontece dentro da UGB, que é uma micro empresa, onde o seu chefe deve gerenciar como seu dono, tendo responsabilidade total sobre os fins (resultados) e autoridade sobre os meios (processos). Para isto o chefe deve ter o melhor preparo gerencial possível e toda a sua equipe (Staff; Supervisores; Operadores) deve ser preparada para conduzir o seu trabalho do dia-a-dia com competência, de tal forma que os gerentes e diretores possam usar seu tempo para olhar o mercado, seus concorrentes e para o futuro, e com isto desenvolverem e implementarem estratégias que garantam a competitividade da empresa. O Gerenciamento da Rotina visa garantir a previsibilidade dos resultados e contribuir para a competitividade da empresa através do cumprimento das metas padrão e de melhoria.

*Curso de Baterias Chumbo-Ácido* – visa um maior aprofundamento sobre o conceito de fabricação e funcionamento de baterias chumbo-ácido.

## **4.2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO**

O estágio desenvolvido ocorreu no período de seis meses, com início em junho de 2011 e finalizando em janeiro de 2012. O estágio é constituído de várias atividades: pesquisa e implementação da formação Bann, desenvolvimento de um software RFID para rastreabilidade, levantamento dos problemas de formação das baterias na UGB-4, teste da capacidade de vários processos na UGB-1 e UGB-Motangem para as montadoras, entre outros. No entanto, a principal atividade na qual concentrei a maior parte das minhas energias e na qual fui mais cobrado foi pesquisa e implementação da formação Banner na UGB-4, utilizando a ferramenta MASP.

## **5. ATIVIDADES EXECUTADAS NO ESTÁGIO**

### **5.1 MASP FORMAÇÃO**

#### **Etapa 01 – Identificação do Problema**

##### **Escolha do Problema**

O problema foi escolhido baseado na alta variação no tempo de formação das baterias. A Moura tem como objetivo implementar a formação Banner no seus bancos de formação. A formação Banner tem como características a grande divisão das fases de formação da bateria, corrente constante por fase e um sistema de refrigeração eficiente.

##### **Definição do Problema**

A alta variação no tempo de formação é ocasionada por vários problemas encontrados na formação, onde o principal é a má refrigeração das baterias.

## Histórico do Problema

A figura 26 mostra o histórico dos maiores problemas que ocorrem na formação.

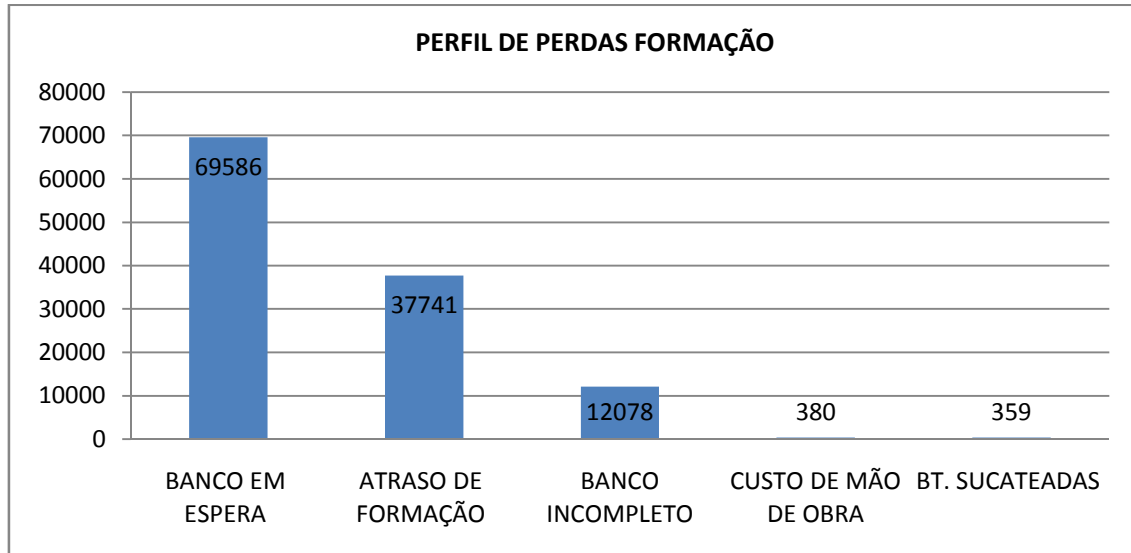


Figura 26. Histórico dos maiores problemas na formação /setembro.

Observando o histórico percebe-se que existem três grandes problemas, onde a maior causa de problemas na formação é a espera no banco, onde definimos espera no banco como o tempo entre última formação e a próxima que aconteceu no banco, descontando o tempo que leva para carregar e descarregar o banco (que é de aproximadamente 20 minutos para carregar e 20 minutos para descarregar). Logo após vem o problema causado pelo atraso de formação, que é a variação do primeiro circuito formado e último circuito formado em um banco. O último problema é o banco incompleto, que é não carregar o banco com a sua capacidade máxima.

## Perdas e Ganhos

Foi comprovado que as perdas ocorrem por causa da baixa capacidade de produtividade da formação e dificuldade da logística de armazenamento das baterias.

Ao passo que o ganho que se consegue, corrigindo este problema, é de aumento da capacidade de produção, melhoramento do sistema de refrigeração das baterias e maior previsibilidade de saída das baterias dos bancos.

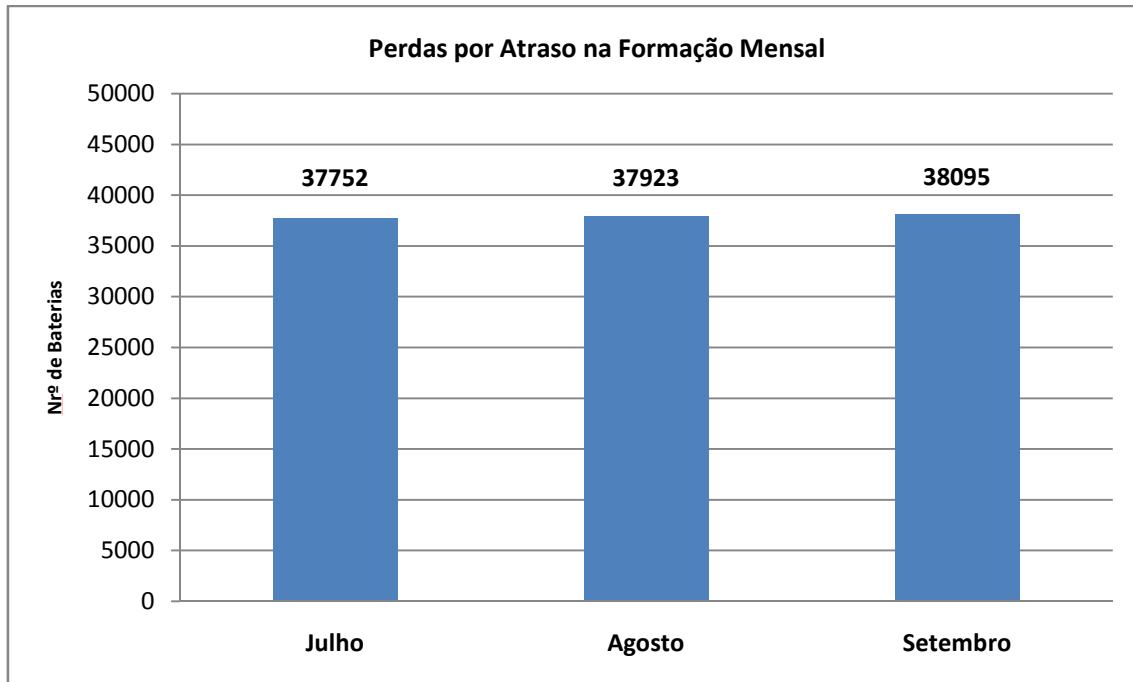


Figura 27. Histórico das perdas por atraso de formação entre o mês de julho e setembro.

É possível considerar que o aumento de produtividade é o ganho principal, onde este tipo de perda ocorre, em grande parte, por causa do tipo de formação Moura, que é utilizando corrente variável para controlar a temperatura do processo.

## **Conclusão**

A bateria escolhida para análise profunda dos problemas foi a MI60GD, porque é a bateria mais vendida e de maior visibilidade nos negócios da Moura.

## **Etapa 02 – Observação**

### **Coleta de Dados**

Inicialmente, observou-se o comportamento do processo no seu dia-a-dia de produção, obtendo-se o gráfico de formação, da temperatura da água do banho durante o dia, da temperatura do eletrólito na fase de repouso, realizando-se depois o levantamento das perdas da seção 5 e 6 com relação ao atraso de formação.

Na figura 28 é mostrado o gráfico de formação da bateria MI60GD, onde se pode notar a variação da corrente útil para o controle de temperatura e que a formação é dividida por fases, onde cada fase tem como parâmetros a corrente mínima e a corrente máxima de operação. Este tipo de formação é a usada atualmente na produção para formação da bateria MI60GD.

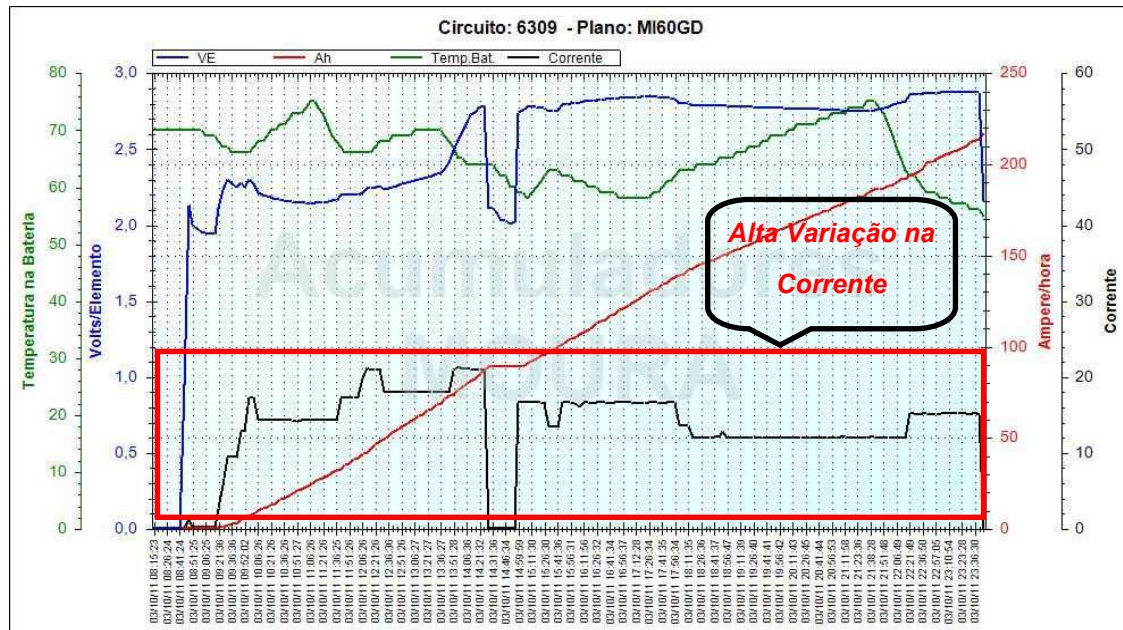


Figura 28. Processo de formação Moura da bateria MI60GD.

Através do programa de controle MCARGA, foi analisado o histórico do mês de julho, agosto e setembro para levantar o quanto se deixou de produzir em cada banco da seção 5 e 6 por causa do atraso de processo de formação como apresentado na figura 29. Além disso, foi possível identificar todas as causas que podem influenciar neste tipo de perda.

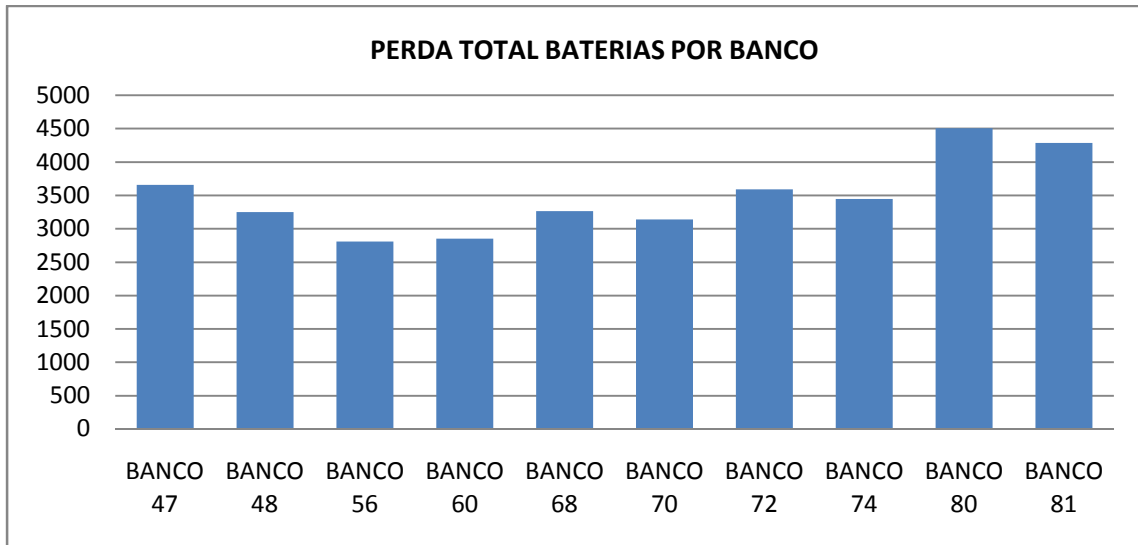


Figura 29. Histórico de perdas de alguns bancos da formação /Julho.

Na figura 30 é apresentado o gráfico da temperatura da água de banho durante uma parte do dia e com ajuda de um *DataLogger* obtemos dados da água no horário que apresenta maior elevação da temperatura (entre 11:00 – 17:30).

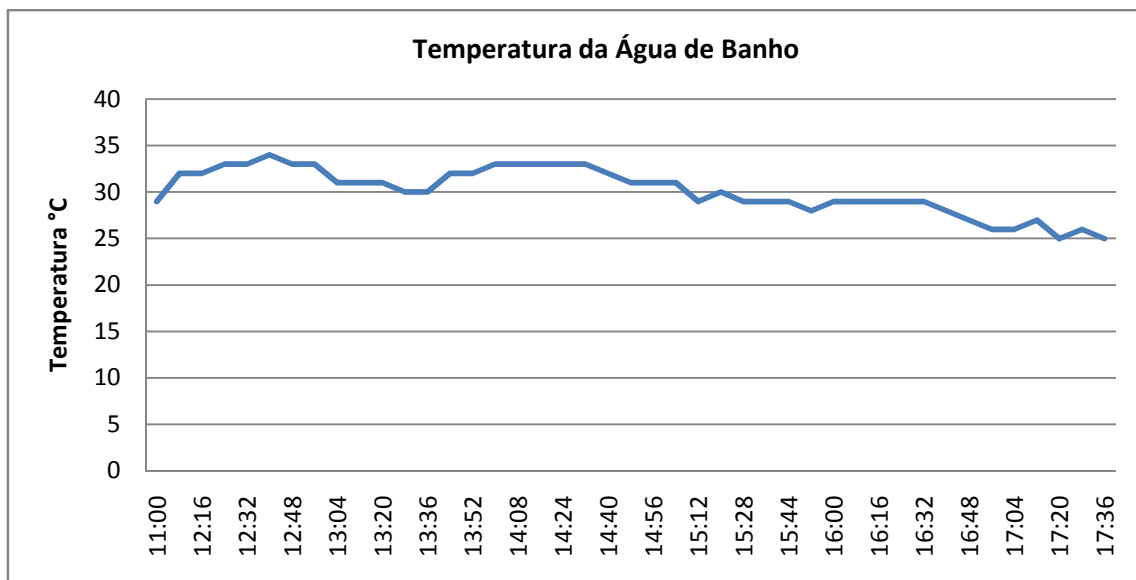


Figura 30. Temperatura da água no tanque de armazenamento /Dezembro.

Na figura 31 é apresentada a temperatura inicial do eletrólito durante a fase de enchimento da bateria, carregamento e repouso inicial durante a formação. Após alguns estudos, conclui-se que esta curva de temperatura é a mesma para todas as baterias, porém dependendo



da temperatura inicial do eletrólito e o nível de refrigeração dentro do banco durante o repouso, este valor pode chegar até 70°C.

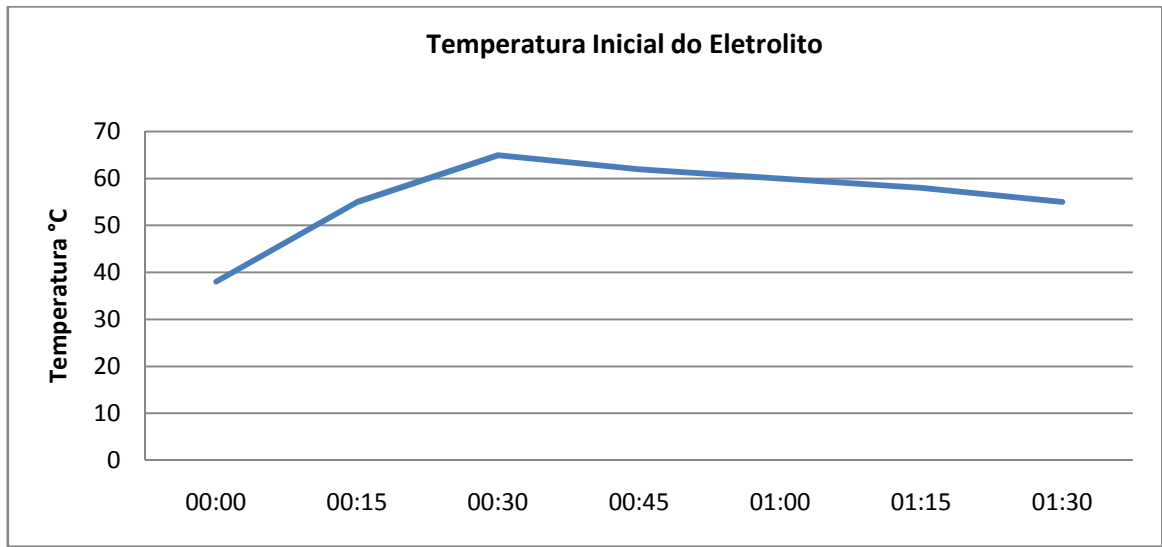


Figura 31. Temperatura do eletrólito dentro da bateria.

### Cronograma

Seguindo a metodologia MASP foi planejado o cronograma de oito etapas do trabalho para o desenvolvimento da solução como ilustradas na figura 32.

Processo			Julho		Ago		Set		Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar		Abr	
			10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25
P	1	Identificação																				
		P																				
	R																					
2	Observação																					
	P																					
R																						
3	Análise																					
	P																					
R																						
4	Plano de Ação																					
	P																					
R																						
D	5	Execução																				
	P																					
R																						
C	6	Verificação																				
	P																					
R																						
A	7	Padronização																				
	P																					
R																						
8	Conclusão																					
	P																					
R																						

Figura 32. Cronograma MASP de oito etapas.

Legenda	
	Ação programada
	Ação atrasada dentro do prazo
	Ação reprogramada
	Ação atrasada com reprogramação
	Ação em dia
	Ação não iniciada
	Ação concluída

## Conclusão

Com base no que foi apresentado até agora se observa que vários fatores são responsáveis pelo atraso de formação e que para aplicar a formação banner na Moura, é necessário uma mudança no modo de refrigeração das baterias e modificação do plano de Carga.

## Etapa 03 – Análise

### Brainstorming

Com o objetivo de encontrar as possíveis causas do problema foi desenvolvido, com a ajuda da equipe UGB4 e Engenharia de Processo, uma tempestade de idéias (chamada também de *Brainstorming*), sendo encontradas causas como na figura 33.

<b>Circuito Aberto</b>	<b>Processo Parado</b>
Problemas de Montagem	Circuito Aberto
Mal Soldado	Descarregar Banco Parcialmente
Má Contato Elétrico	Manutenção
Barras	Paradas Durante Visitas Externas
Mal Encaixadas	<b>Temperatura Alta</b>
Folgadas	Falta de Água de Refrigeração
Oxidadas	Água de Refrigeração Quente
Falta de Solução no Elemento	Sonda com Defeito
Problemas nas Placas SPM	Placa de SPM com Defeito
<b>Circuito Não Responde</b>	Má Circulação do Ar na Formação
Perda da Comunicação da Placa SPM com a Interface	Plano de Carga
Trafego de Dados Muito Alto	<b>Reset do Circuito</b>
Computadores Desatualizados com o XP	Corrompimento dos Dados
Ruídos	Parada da Formação
Problemas nos Filtros	Íncio da Formação

Figura 33. *Brainstorming*.

### Análise de causa e efeito

Uma vez confirmadas as causas, fez-se uma análise das mesmas, utilizando o modelo proposto por *Ishikawa*, como apresentado na figura 34. A espinha de peixe é uma forma mais visual de observar a causa e efeito baseado no *Brainstorming* feito anteriormente. Observa-se cinco causas principais.

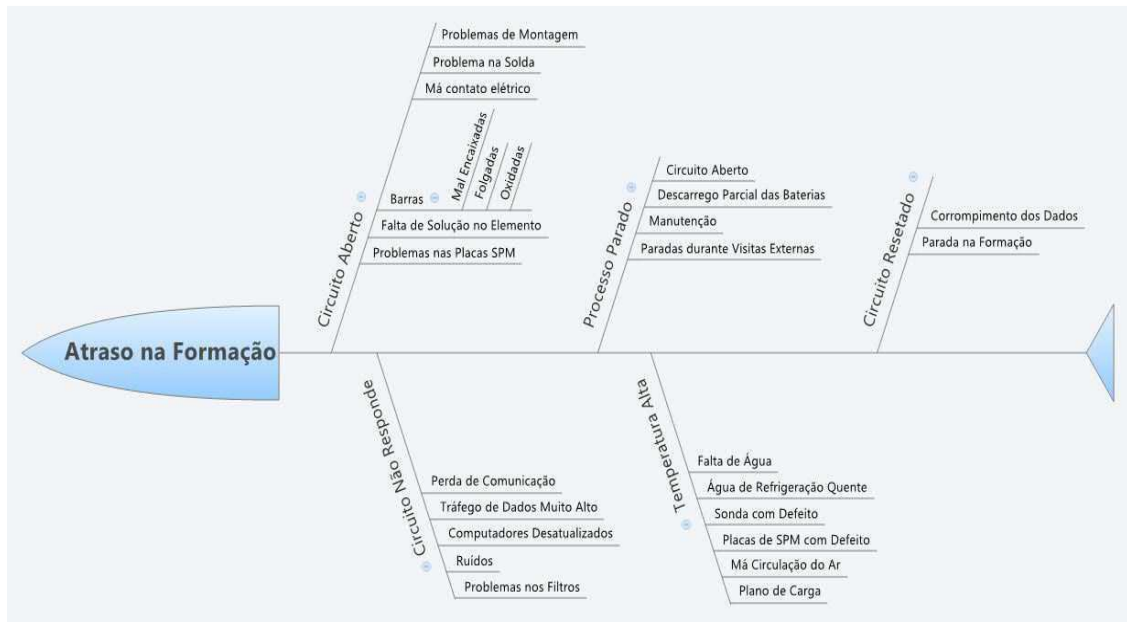


Figura 34. Espinha de peixe com as causas do problema.

### Escolha das causas mais prováveis

- Causa 1 : Circuito Aberto

São os problemas causados por problemas de Montagem: mal soldada, mal contato elétrico, barras folgadas, mal encaixadas, danificadas, oxidadas, falta de solução no elemento, problemas nas placas SPM, etc.

Observou-se que, na maioria das vezes, este problema é causado por falhas nas barras de ligação da bateria. Foi verificado em área e através dos relatórios do software MCARGA, as ocorrências deste problema e verificou-se que, com a mudança das barrinhas, o problema foi praticamente resolvido.

- Causa 2: Processo Parado

Se houve algum problema e se o operador apertou a tecla STOP. Ex: Circuito aberto, descarregar um banco e deixar um circuito nele, fazer algum tipo de manutenção, parar a formação durante visitas externas, etc.

Este tipo de problema não causa grande influência no atraso da formação, pois ocorrem poucas vezes e está ligado diretamente ao problema de circuito aberto.

- **Causa 3: Reset**

O RESET é usado quando algum problema ocorre. Como por exemplo, o circuito parte e para, parte e para, parte e para. Então o operador aperta RESET, todas as informações são apagadas da memória da placa SPM, ele rearma o círculo e precisa acrescentar as informações do processo em andamento (Ah, fase, bateria, quantidade, tempo, etc). Ocorre muito em início de processo, pois são enviadas 13 informações de uma só vez para iniciar um banco, então alguma delas pode apresentar algum corrompimento de informação.

Análises foram feitas através do histórico do software MCARGA e verificou-se que o problema de reset não é uma causa importante para o aumento significativo do atraso da formação.

- **Causa 4: Não Responde**

Pode ocorrer perda da comunicação da placa SPM com a interface. Muitos bancos se comunicando ao mesmo tempo, computadores desatualizados, Windows XP, problemas nas placas SPM, ruídos e problemas nos filtros.

Este tipo de problema ocorre por conta do mal gerenciamento da informação do software MCARGA e dos circuitos SPM, ocasionado pelo grande crescimento no número de circuitos para formação. Através de análises das informações do software MCARGA, observa-se a influência deste problema para o atraso de formação e conclui-se a baixa relevância deste problema para o atraso de formação.

- **Causa 5: Temperatura Alta**

São problemas que podem levar a temperatura da bateria aumentar. Como por exemplo: Falta de água de refrigeração, água de refrigeração quente, sonda com defeito, placa SPM com defeito/descalibrada.

Após análises feitas com várias hipóteses citadas acima, a análise do histórico do software MCARGA e em campo, podemos afirmar que a temperatura alta da refrigeração é causa principal para o problema de atraso de formação.

## Hipóteses e testes

Com o levantamento das causas através do *Brainstorming* e seleção da causa raiz, confirmou-se cada hipótese por meio de testes, como apresentado na figura 35.

Hipoteses	Objetivo do teste
Falta de Água de Refrigeração	Verificar a capacidade do reservatório de água na formação
Água de Refrigeração Quente	Verificar o a temperatura da bateria e da água de banho no tanque de formação e no tanque de armazenamento
Sonda com Defeito	Verificar sonda sem aterramento, sondas extraviadas, temperatura da bateria durante a formação.
Placa SPM com Defeito	Verificar circuitos danificados.
Plano de Carga	Verificar se o plano de carga está adequado para as condições da formação e dimensionamento da bateria.

Figura 35. Levantamento das hipóteses e testes.

Verificando cada hipótese, tem-se os seguintes resultados:

### 1. Falta de água para refrigeração das baterias:

A baixa capacidade de armazenamento de água na formação é um dos fatores que influencia e observa-se que, atualmente ,a capacidade máxima é de 96.000 litros de água . Através da observação em campo, como apresentado na figura 11, percebe-se que um dos tanques está com problemas há mais de 5 meses, ou seja, a capacidade de armazenamento para refrigeração dos bancos de formação foi reduzido pela metade (48.000 litros). De acordo com o engenheiro da área, a capacidade necessária para refrigerar todas as seções é de aproximadamente 200.000 litros.

Conclui-se, que esta hipótese está confirmada.



Figura 36. Tanque de armazenamento de água com problema.

## 2. Água de refrigeração quente

Através de dados coletados com o *DataLogger*, verificou-se que a temperatura da água de banho é bastante elevada em certa hora do dia ( temperatura ambiente), e a eficiência da torre alpina é baixa para resfriar a água, como apresentado na figura 37.

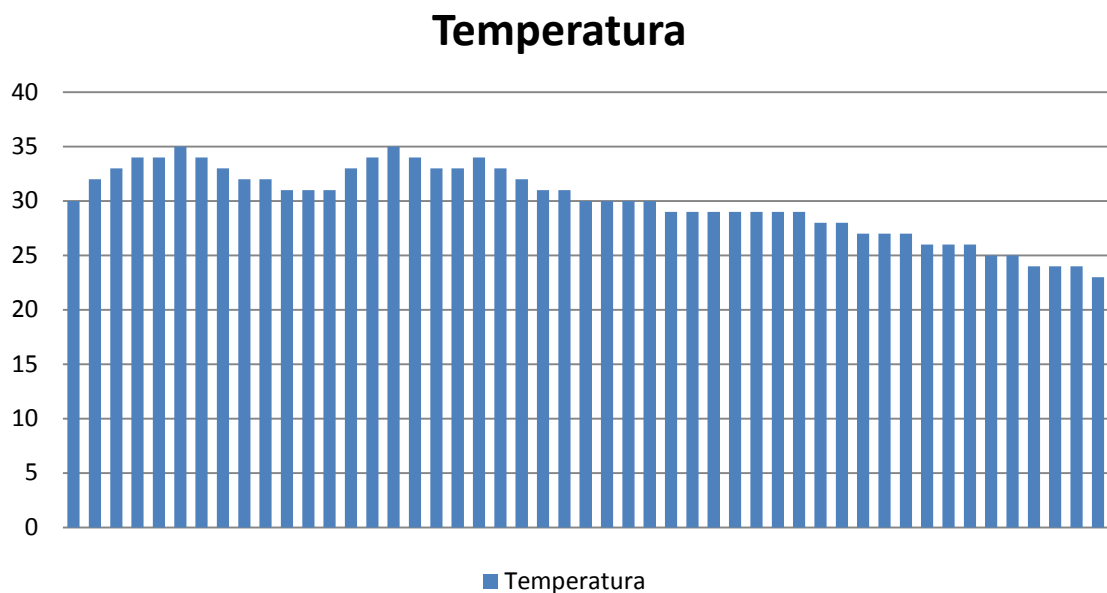


Figura 37. Temperatura da água no tanque de armazenamento.

Outro fator que influencia o aumento da temperatura é o grande percurso da água para chegar a todos os bancos de formação, em consequência favorece o aumento da temperatura da água que chega para o banho.

Conclui-se, que esta hipótese está confirmada.

### 3. Sonda com Defeito

Analisando relatórios da UGB4 e coleta de dados feita pela engenharia de processo, chegou-se a vários problemas que podem ocorrer com a formação por conta da leitura errada da sonda e alguns desses problemas foram levantados, como apresentado na figura 38.

Conclui-se, que esta hipótese está confirmada.

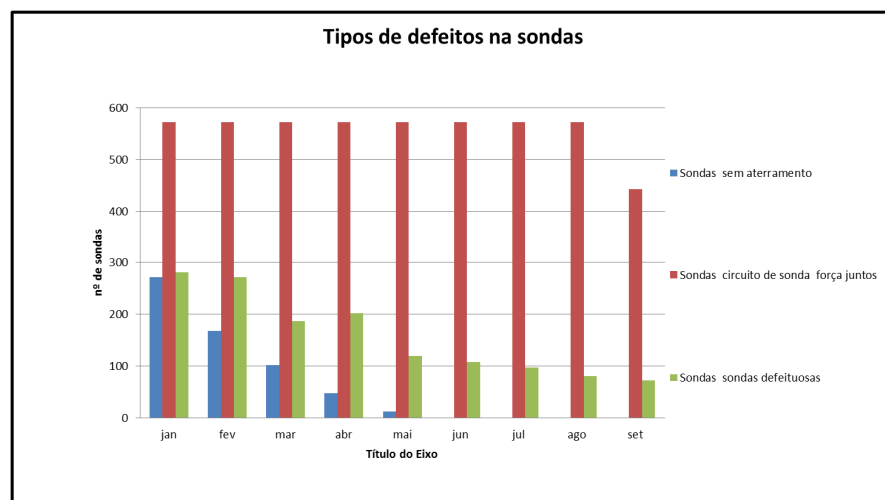


Figura 38. Defeitos nas sondas.

### 4. Placa SPM com defeito

Causa não verificada por falta de dados suficientes.

### 5. Plano de Carga

Estudo do plano de carga é uma tarefa essencial para a boa formação da bateria, através da observação da variação temperatura com a inserção de corrente.

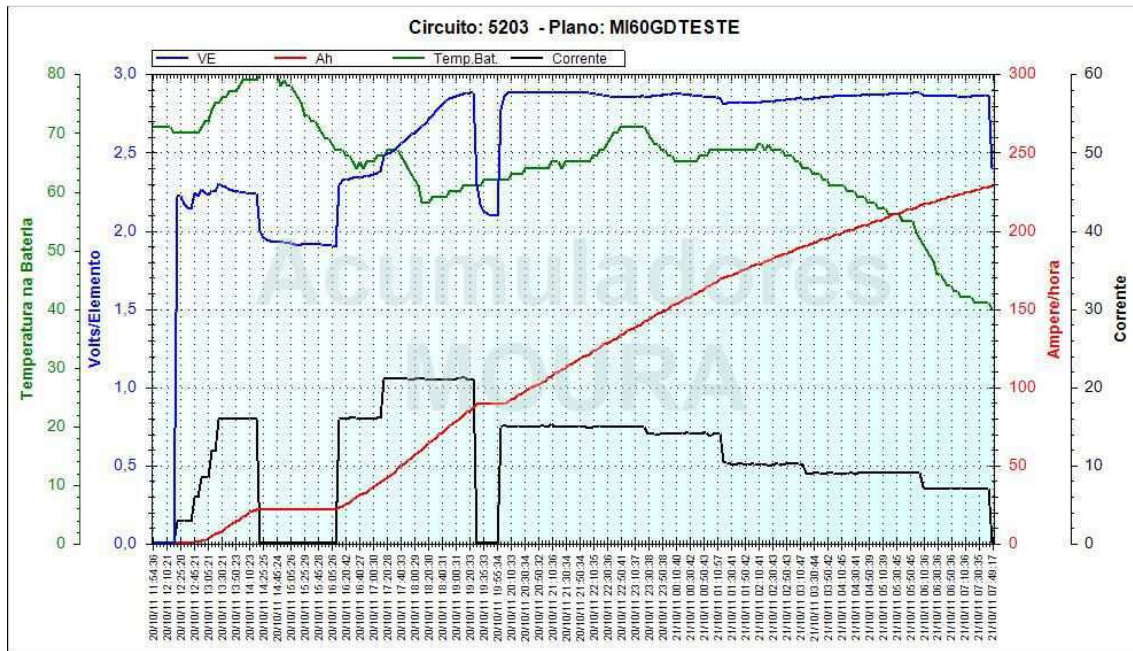


Figura 39. Problema com tipo de plano de carga - formação banner.

Conclui-se, que esta hipótese está confirmada.

## Resultado dos testes e das hipóteses

Com os resultados de análise realizada, é possível confirmar as hipóteses de acordo com a figura 40.

Hipótese	Teste	Motivo
1. Falta de Água de Refrigeração	Confirmado	Capacidade baixa de armazenamento de água.
2. Água de Refrigeração Quente	Confirmado	Falta de um sistema de refrigeração eficaz.
3. Sonda com Defeito	Confirmado	Baterias formadas com problema devido a temperatura.
4. Placa SPM com Defeito	Não Confirmado	
5. Má Circulação do Ar na Formação	Não Confirmado	
6. Plano de Carga	Confirmado	Plano de carga com alta variação de corrente e controle pouco preciso.

Figura 40. Confirmação das hipóteses e testes.



## Etapa 04 – Plano de Ação

### Plano de ação

Diante dos resultados obtidos na análise, foi criado o plano de ação mostrado na figura 41:

 <b>Plano de Ação para Plano de Formação - Formação</b>			
<b>Atividade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Envolvidos</b>	<b>Conclusão</b>
1. Aumenta da capacidade de Armazenamento de água	<b>Adílio</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>08/02/2012</b>
2. Refrigeração da água de banho das baterias para uso na formação	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>05/12/2011</b>
3. Redução do número de sondas com defeito	<b>Almir</b>	<b>Aristoteles</b>	<b>30/12/2011</b>
4. Implementação da formação Banner	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>
4.1 Modificação do Plano de Carga	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>
4.2 Estudo químico e elétrico da bateria	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>
4.3 Controle da temperatura da água durante a formação	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>
4.4 Implementação do sistema no banco de teste da engenharia	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>
4.5 Implementação do sistema de formação na seção 5 e 6	<b>Aristóteles</b>	<b>Bruno Sobel</b>	<b>10/12/2011</b>

Figura 41. Plano de ação.

Como se pode notar através da figura 41, as atividades de estágio também se realizaram dentro de um programa de auxílio a projetos paralelos da Moura para conseguir atingir alguns dos meus objetivos, porém por causa de alguns imprevistos durante o mês de dezembro, não foi possível concluir todas as ações planejadas.

## Etapa 05 – Execução das Ações

### Formação Banner

A Acumuladores Moura S/A utiliza como método de formação das suas baterias, um sistema chamado de SPM, composto por conversores, microcontroladores, computadores e um programa. O programa é responsável pela entrada dos parâmetros de formação e como será executado a formação das baterias.

O modelo de formação é implementado através do plano de formação Moura, que é dividir a inserção de carga na bateria em etapas e controlar a temperatura da baterias durante o processo de formação, através da variação da corrente que foi setada em cada plano de carga das baterias.

O plano de formação Banner utiliza outro modelo onde a temperatura da bateria não é mais controlada pela corrente que é inserida na baterias, mas sim controlando a temperatura ambiente através de outras entradas, como a baixa temperatura da água de banho durante a formação, a circulação da água durante a formação, a circulação do ar (retirando o ar mais ácido), dividindo a inserção da carga em várias etapas com a corrente constante.

Foi necessário um estudo aprofundado de como funcionava o processo de formação da baterias para decidir como construir o plano de carga com a temperatura constante.

A figura 42 ilustra os resultados de simulação do plano de carga sem a inclusão do controle de temperatura externo:

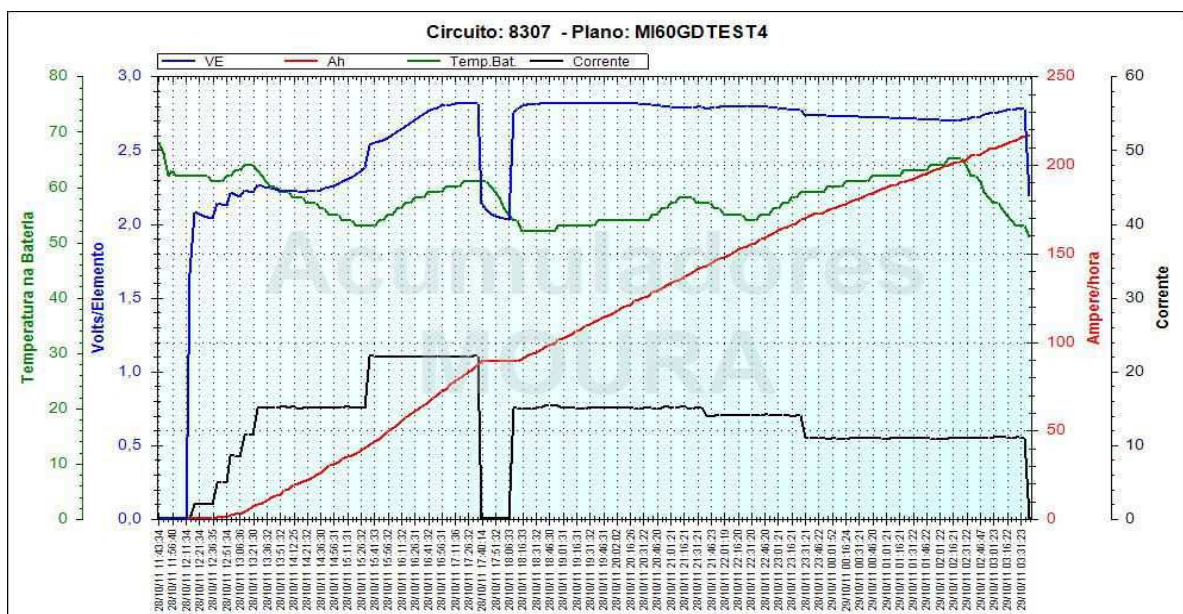


Figura 42. Plano de formação Banner sem o controle da temperatura.

Após cada teste era necessário ser feito o relatório de C20 e PbO2 das baterias. Os responsáveis por esses testes eram o laboratório físico e o laboratório químico dos acumuladores Moura.

A figura 43 exibe um dos resultados de C20 dos testes da bateria em produção e experimento com plano de carga da formação Banner:

- **Fator**

- **Experimento:**

Am 01	Am 02	Am 03	Am 04	Am 05	Am 06	Am 07
3,9	3,9	3,8	3,7	3,7	3,9	3,9
Am 08	Am 09	Am 10	Am 11	Am 12	Am 13	
3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	

- **Produção:**

Am 01	Am 02	Am 03
3,7	3,7	3,8

Figura 43. Relatório dos testes de C20.

Logo após o teste de C20 algumas baterias eram enviadas para o teste de PbO2. A figura 44 exibe o resultado de um dos testes de PbO2:

Fornecedor	Solicitante	% de PbO2	Classificação	Laudo	Observações	Analista	Especificações
Formação	Aristoteles Neto -Formação	82,4	Extra	Aprovado	Amostra 01.	Wagner Freitas	PbO2 >=80%
Formação	Aristoteles Neto -Formação	81,8	Extra	Aprovado	Amostra 02.	Wagner Freitas	PbO2 >=80%
Formação	Aristoteles Neto -Formação	82,4	Extra	Aprovado	Amostra 03.	Wagner Freitas	PbO2 >=80%

Figura 44. Relatório dos testes de PbO2.

Observou-se que o resultado foi satisfatório em ambos os testes (C20 e PbO2), no entanto, analisando a figura da simulação do plano de carga, concluímos que a temperatura da bateria durante a formação não está bem controlada.

Será necessário o desenvolvimento de uma plantaforma de teste para circulação de água de banho, resfriamento da água de banho e circulação do ar ácido durante a formação das baterias de teste.

## Sistema de refrigeração

Visto a necessidade de fazer testes, utilizando um sistema de refrigeração mais complexo, foi necessária a montagem de um banco de testes. Utilizando o banco de testes reservado para a engenharia, montou-se paralelamente um sistema para refrigeração da água e circulação da água.

A figura 45 exibe um rascunho de como foi montado o banco e o sistema de refrigeração:

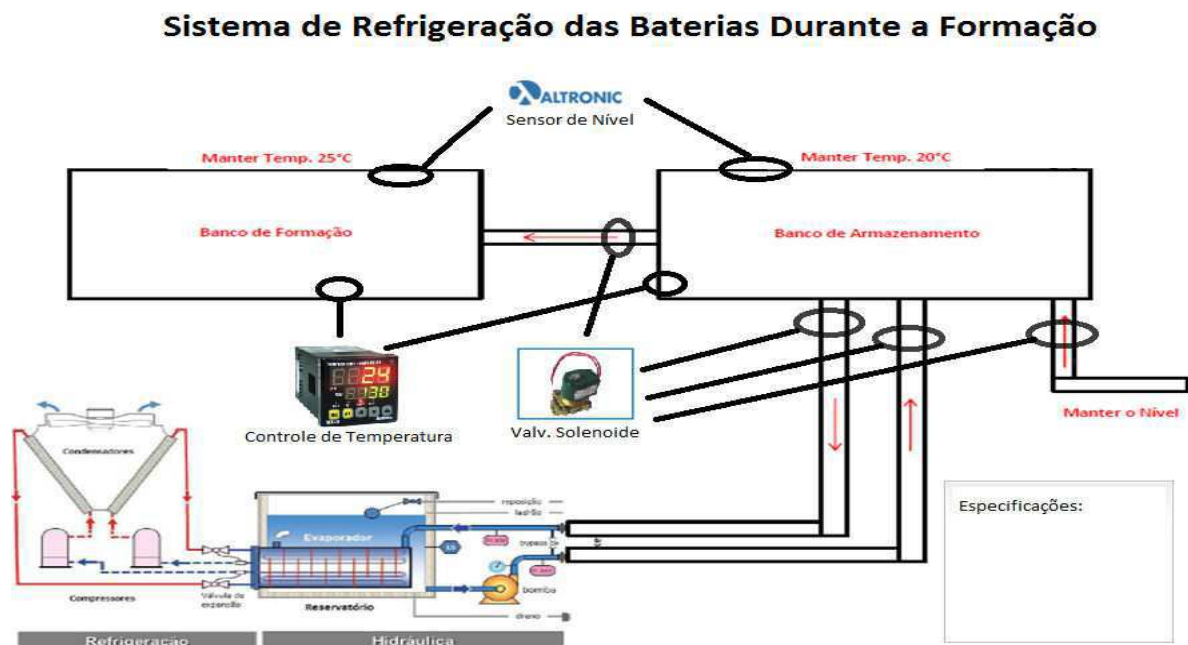


Figura 45. Sistema de Refrigeração.

O sistema possuía os seguintes equipamentos para controle:

6. 2 pirômetros Coel TLK49 – Controlador de temperatura;
7. 4 válvulas solenóides - Chaves;
8. 2 Altronic CN – Controlador de Nível;
9. 1 Geladeira Chiller.

Os complementos dos equipamentos utilizados podem ser encontrados em anexo, com os seus respectivos custos. A figura 46 mostra como ficou a montagem após seu término:



Figura 46. Sistema de Refrigeração depois de montado.

Apesar do sistema ter sido montado, não foi possível testá-lo por causa do encerramento do tempo de estágio.

## 6. CONCLUSÃO

Durante a experiência no estágio desenvolvido e apresentado neste trabalho foi possível conhecer o processo de fabricação de baterias, bem como o sistema gerencial e ferramentas de solução de problemas e desenvolvimento de novas tecnologias na empresa de maior participação no mercado de baterias do Brasil atualmente.

No âmbito das atividades desenvolvidas foi possível identificar as causas e propor soluções para o problema da diminuição e previsibilidade da formação da bateria, seguindo a metodologia do PDCA, que além de conferir know-how no processo de formação, proporcionou a experiência de trabalhar em um ambiente industrial de alta tecnologia no desenvolvimento deste trabalho. No experimento RFID foi possível conhecer todos os processos da fábrica e formular métodos para rastreabilidade de produtos, portanto uma boa oportunidade para o desenvolvimento de uma nova tecnologia no processo de formação.

Portanto, o estágio em questão proporcionou ao aluno uma experiência profissional de grande importância para o atual mercado de trabalho, que se encontra em processo contínuo de renovação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *M. G. Mayer, D. A. J. Rand.* Leady oxide for lead/acid battery positive plates: scope for improvement. *Journal of Power Sources*. 1996, 59, pp. 17-24.
2. *T. Schroer, G. Niehren.* Improvement of failure detection of production line test results by implementing deltaV criteria. *Digatron Firing Circuits*.
3. *Dr. Reiner Kiessling.* Lead Acid Battery Formation Techniques. *Digatron Firing Circuits*.
4. *M. E. D. Humphreys, R. Taylor, S. C. Barnes.* Researche and development in nonmechanical electrical power sources, *Power Sources 2*, Pergamon, Oxford, 1968, pp. 55-65.
5. *CAMPOS, Vicente Falcone.* **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-A-Dia.** Minas Gerais: EDG, 1994, 114p.
6. *G. Pereira Junior, M. Lira Alves.* **Apostila Grupo Moura Engenharia Corporativa.**
7. *Flamarion B. Diniz.* **Apostila Acumuladores Moura de Chumbo-Ácido Automotivos.**



## ANEXO

		<b>Autorização Pedidos</b>						
Item		Quant.	DESCRIÇÃO - COMPRA DIRETA	UNID.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	DGF/CI	SOLICITANTE
003532	x	5	NIPLE PVC 1/2"	PÇ	R\$ 0,76	R\$ 3,80		ARISTÓTELES
003226	x	5	LUBA PVC 32MM	PÇ	R\$ 2,74	R\$ 13,70	<b>Data Solicitação</b>	
001707	x	3	BUCHA RED. 1 X 1/2"	PÇ	R\$ 21,36	R\$ 64,08	06/05/2011	
005232	x	14	TUBO PVC 32MM	PÇ	R\$ 15,77	R\$ 220,78		
005212	x	6	TUBO PVC 1/2"	PÇ	R\$ 8,16	R\$ 48,96		
004351	x	3	REGISTRO FECHO RÁPIDO 32MM	PÇ	R\$ 8,16	R\$ 24,48		
004370	x	1	REGISTRO FECHO RÁPIDO 1/2"	PÇ	R\$ 187,53	R\$ 187,53		
008668	x	6	VÁLV. SOLENÓIDE 1/2"	PÇ	R\$ 0,92	R\$ 5,52	<b>VLR. R\$:</b>	R\$ 659,25
003055	x	30	JOELHO PVC 32MM	PÇ	R\$ 2,20	R\$ 66,00	<b>FORNECEDOR</b>	
006347	x	10	COLA POLYTUBES 75Gr	PÇ	R\$ 0,76	R\$ 7,60		
029868	x	2	ADAPTADOR	PÇ	R\$ 8,40	R\$ 16,80		
COD SOLICITAÇÃO		AUTORIZAÇÃO					DATA AUTORIZAÇÃO	
							06/05/2011	
APLICAÇÃO: <b>-MATERIAL PARA A INSTALAÇÃO DE UMA GELADEIRA NOS BANCOS DA FORMAÇÃO</b>								

Figura 47. Material de Montagem

ID	Material
1	Disjunto Uni Polar
2	Altornic - Relé de Eletrodo - Controlador de Nível REL/REP
3	Contator Simens 3RT1016-1AN11
4	Pirometro TLK 49
5	Manopla ON/OFF
6	Eletrodos de Inox

Figura 48. Material Elétrico