



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso

**Relatório de Estágio Integrado
Acumuladores Moura S.A.**

Carolina Cavalcanti Pedrosa e Silva

Campina Grande - PB

Fevereiro de 2020

Carolina Cavalcanti Pedrosa e Silva

Relatório de Estágio Integrado Acumuladores Moura S.A.

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

Área de Concentração: Engenharia Elétrica

Luciana Ribeiro Veloso, D.Sc.

(Orientadora)

Campina Grande - PB

Fevereiro de 2020

Carolina Cavalcanti Pedrosa e Silva

Relatório de Estágio Integrado Acumuladores Moura S.A.

Relatório de Estágio Integrado submetido ao Departamento 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.

Aprovada em ___/___/___

Luciana Ribeiro Veloso
Orientadora

Professor Convidado

Campina Grande - PB
Fevereiro de 2020

Dedico este trabalho a Arlindo Pedrosa,
o homem mais íntegro que conheci.

Agradecimentos

Primeiro agradeço ao Criador pela minha existência, por ser a chama de vida que arde em meu coração e a lanterna que ilumina meus caminhos. Gratidão pelo tanto que me foi dado.

Agradeço a aqueles que estão no céu, a minha existência é fruto da de vocês, ancestralidade que me ama, me nutre e influencia. Vovô Arlindo, Vovô Lula e Bisa Julita, vocês são minhas estrelas no céu escuro.

À minha mãe, Mônica, não tenho palavras que façam jus ao seu papel na minha vida. A cada vez que quis desisti e desacreditei de mim mesma, você estava lá, desde o princípio. Obrigada, minha guia e dádiva divina, todo o amor do mundo que sinto por você é obra do seu exemplo de vida e integridade, este momento antes de ser meu, é seu.

Ao meu padrasto Alberto, líder da família, exemplo de retidão. Muito do meu caráter é obra sua, que sem nem perceber, me influencia tanto. Você tem meus eternos respeito e admiração.

Aos meus irmãos: André, Lucas e Amanda. Meus passarinhos de canto bonito, que me motivam a ser exemplo e me encham de amor. Sou a "irmã velha" mais abençoada do mundo por ter vocês.

Para minha Vovó Cida, minha princesa, carinho e brincadeira desde o início da minha vida. Sua fé me trouxe até aqui, sua leveza me instiga a sorrir sempre. Te amo daqui até a lua.

A toda minha família: tio, tias, primos e madrinha. Minha construção tem como pilares vocês.

Ao meu noivo, Rafael, que desde que iniciei minha graduação escolheu estar ao meu lado, estranho seria se eu não me apaixonasse por você.

A minha amiga, mestre, conselheira e professora: Luciana Ribeiro Veloso. Obrigada por me ensinar a humanidade da docência. Sua influência me permitiu chegar até aqui.

A Acumuladores Moura S.A., na figura de Rafaella Maia, que me deu a oportunidade e me ensinou o que é gestão pelo exemplo, me impulsionando para grandes desafios. Obrigada pela confiança.

A todas as mulheres na área de exatas.

“Nunca existe uma resposta perfeita neste mundo perturbado e confuso. A perfeição está fora do alcance da humanidade, fora do alcance da magia. Em cada momento luminoso há uma gota de veneno: o conhecimento de que a dor voltará. Seja sincero com aqueles que ama, mostre sua dor, sofrer é tão humano quanto respirar”

Albus Percival Wulfric Brian Dumbledore

Resumo

O presente trabalho busca descrever as funções desempenhadas durante o estágio integrado que foi desenvolvido na Acumuladores Moura S.A., localizada na cidade de Belo Jardim – PE. A Moura é uma empresa brasileira, fundada em 1957, atua na fabricação de acumuladores elétricos para os mercados automotivos, motos, telecomunicações, náutico, logístico, de energia alternativa e de sistemas *no-break*. Atualmente é a maior empresa do setor de acumuladores elétricos da América Latina. O estágio foi realizado na Unidade Básica de Gerenciamento 09 (UGB-09), voltado para o setor de Formação e Acabamento de baterias da Unidade 01, com foco em qualidade e otimização dos processos. As habilidades e conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia elétrica foram importantes para compreender e executar atividades na indústria de produção de baterias chumbo-ácido. As tarefas desenvolvidas se caracterizaram de forma bastante dinâmica: seja na execução de testes no setor de produtivo, na elaboração de relatórios com os resultados, no trabalho em conjunto com outros setores, desenvolver projetos de melhoria alinhados com a metodologia PDCA, na alteração ou criação de normas técnicas do processo produtivo visando padronizá-lo, garantir que o produto atenda as especificações necessárias para assegurar sua qualidade.

Palavras chave: Baterias Chumbo-Ácido, Formação e Acabamento de Baterias, Baterias Moura.

Abstract

This current work aims to describe the functions performed during the integrated internship developed at Acumuladores Moura S.A., located in the city of Belo Jardim - PE, 180 km away from the capital Recife. Moura is a Brazilian company, founded in 1957, which operates in the manufacture of electric accumulators for the automotive, motorcycle, telecommunications, nautical, logistics, alternative energy and No-Break systems. It is currently the largest company in the electric accumulator sector in Latin America. The department of the company where the internship took place was at the Basic Management Unit 09 (UGB-09), focused on the Unit 01 Formation and Finishing, aiming quality and process optimization. The skills and knowledge acquired during the electrical engineering course were important to understand and perform activities in the lead-acid battery industry. The tasks developed were characterized in a very dynamic way: be it in the execution of tests in the productive sector, preparing reports with the results, working together with other sectors, developing improvement projects aligned with the PDCA methodology, creating or changing technical standards of the process productive in order to standardize it, ensuring that the product meets the necessary specifications to maintain its quality.

Keywords: Lead-Acid Batteries, Battery Formation and Finishing, Moura Batteries

Lista de ilustrações

Figura 1 – Hierarquia de Comando para Formação, Acabamento e UGB Águas. . .	13
Figura 2 – Composição Física de uma Bateria Automotiva	17
Figura 3 – Fluxograma Resumido do Processo de Fabricação de Baterias de Chumbo-Ácido na ACMO. (Fonte: Acumuladores Moura)	19
Figura 4 – Fluxograma dos Moinhos. (Fonte: Própria Autora)	21
Figura 5 – Imagem de uma grade. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)	22
Figura 6 – Fluxograma de Grades. (Fonte: Própria Autora)	23
Figura 7 – Imagem de uma Placa positiva. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.) . .	24
Figura 8 – Fluxograma do Empastamento. (Fonte: Própria Autora)	26
Figura 9 – Fluxograma da Montagem. (Fonte: Própria Autora)	27
Figura 10 – Esquema de conexões das baterias dentro do banco de formação. (Fonte: Acumuladores Moura)	28
Figura 11 – Fluxograma da Formação e Acabamento. (Fonte: Própria Autora) . . .	29
Figura 12 – Pilares do WCM. Fonte: Acumuladores Moura S.A.	30
Figura 13 – Etapas de um ciclo PDCA. Fonte: Acumuladores Moura.	32
Figura 14 – Descrição do problema dentro do modelo de Kaizen utilizado na Moura. .	32
Figura 15 – Estratificação do problema utilizando a metodologia de 5G.	33
Figura 16 – Modelo de Diagrama de Ishikawa no documento de Kaizen da Moura. .	34
Figura 17 – Procedimento de levantamento de dados para o Pilar de Vazamentos. (Fonte: Própria Autora)	36
Figura 18 – Documento de 5G elaborado para o Armazenamento e Descarrego de Ácido Bruto. (Fonte: Própria Autora.	37
Figura 19 – Estratificação de riscos por gravidade na área de Armazenamento e descarrego de ácido bruto. (Fonte: Própria Autora)	38
Figura 20 – Pareto do Pilar de Vazamentos 2019. (Fonte: Própria Autora)	39
Figura 21 – Área de descarga e armazenamento de ácido bruto. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)	40
Figura 22 – (a) Estado avançado de corrosão do muro (b) Contaminação do solo. .	40
Figura 23 – Acoplamento do mangote do caminhão à tubulação de armazenamento de ácido sulfúrico.	40
Figura 24 – (a) Suspiro da Tubulação de descarrego de ácido bruto (b) Derramamento de ácido bruto sem contenção adequada.	41
Figura 25 – Teste de pH do solo.	41
Figura 26 – Tubulação de drenagem de ácido sulfúrico deformada. (Fonte: Própria Autora)	42

Figura 27 – Sistema de Descarrego de Ácido Sulfúrico por Bomba Pnemática. (Fonte: Própria Autora)	42
Figura 28 – Mureta de contenção com nova camada de concreto. (Fonte: Própria Autora)	43
Figura 29 – Ilustração de um banco de formação após a adição de água.(Fonte: Própria Autora)	48
Figura 30 – Baterias manchadas após o processo de formação. (Fonte: Própria Autora.	49
Figura 31 – Número de reclamações formais de depósitos.(Fonte: Acumuladores Moura S.A.)	50
Figura 32 – Amostra de água bruta. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)	50
Figura 33 – Bateria Manchada por Sólidos em Suspensão	50
Figura 34 – (a) Banco de formação após a utilização de água alcalina para resfriamento (b) Bateria manchadas devido ao resfriamento com água alcalina. (Fonte: Própria Autora)	51
Figura 35 – Bancos Sujos nas Seções de Formação. (Fonte: Própria Autora)	51
Figura 36 – 5G de Baterias Manchas. (Fonte: Própria Autora)	52
Figura 37 – Qualidade da água permeada pela osmose reversa. (Fonte: Própria Autora)	53
Figura 38 – Filtros de Areia e Carvão instalados. (Fonte: Própria Autora)	54
Figura 39 – Sistema de Tratamento de Água das Torres de Resfriamento. (Fonte: Própria Autora)	54
Figura 40 – AFQ para a água de alimentação das Torres. (Fonte: Própria Autora) .	55
Figura 41 – AFQ para as Torres de Resfriamento. (Fonte: Própria Autora)	56
Figura 42 – Bomba dosadora de soda temporizada. (Fonte: Própria Autora)	56
Figura 43 – Bancos após cronograma de limpeza. (Fonte: Própria Autora)	57
Figura 44 – Baterias limpas ao fim do projeto. (Fonte: Própria Autora)	57

Lista de abreviaturas e siglas

UGB	Unidade Básica de Gerenciamento
WCM	Manufatura de Classe Mundial
TPM	Manutenção Produtiva Total
ETA	Estação de Tratamento de Afluentes
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
pH	Potencial Hidrogeniônico
5G	Metodologia de Estratificação de Problemas
MEN	Máquina de Encher e Nivelar
MAN	Máquina Automática de Nivelar
TAD	Teste de Auto-Descarga
TCA	Teste de Circuito Aberto
TCF	Teste de Circuito Fechado
ACMO	Acumuladores Moura

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	12
1.2	A Empresa	13
2	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO	15
2.1	Composição Física da Bateria de Chumbo-Ácido	16
2.2	Composição Eletroquímica da Bateria de Chumbo-Ácido	16
2.3	O Processo	18
2.3.1	Moinhos	18
2.3.2	Grades	20
2.3.3	Empastamento	22
2.3.4	Montagem	24
2.3.5	Formação e Acabamento	24
3	FERRAMENTAS ORGANIZACIONAIS	30
3.1	WCM - <i>World Class Manufacture</i>	30
3.2	Kaizen	31
4	ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO	35
4.1	Pilar de Vazamentos	35
4.1.1	Requalificação do Armazenamento e Descarrego de Ácido Bruto	38
4.2	Pilar de Qualidade Interna	44
4.2.1	Estudo de Anomalia: Baterias com Água Pluvial	44
4.2.2	Estudo de Anomalia: Baterias Manchadas após o processo de formação	48
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 Introdução

O presente relatório descreve as atividades do estágio integrado realizado de 22/07/2019 até 17/01/2020, totalizando 771 horas, cumprindo integralmente a carga horária necessária para a conclusão do curso. Sendo realizado no setor de Formação e Acabamento, responsável pela última etapa do processo produtivo das baterias de chumbo-ácido: aplicação de carga e finalização estética do produto.

No termo de compromisso de estágio formulado pela empresa foram determinadas as seguintes atividades a serem cumpridas durante a vigência do contrato:

- Acompanhar os pilares de Qualidade Interna e Vazamentos;
- Acompanhar e gerenciar projetos de melhoria do setor de formação de baterias e Engenharia Industrial;
- Desenvolver e acompanhar Kaizens.

Para a completa capacitação para atuação nas áreas produtivas, foram ministrados treinamentos em diversas ferramentas gerenciais, que possibilitam o tratamento de anomalias, tais como: ciclo PDCA, Kaizen, 5G, 5S, entre outros.

Visando o entendimento das principais etapas do processo produtivo de uma bateria de chumbo-ácido, onde foram feitas visitas em todas as áreas, bem como dos setores de manutenção mecânica e elétrica.

Apesar de estarem atreladas a Unidade de Gerenciamento Básico 09, as atividades do estágio compreendiam melhorias para a etapa do processo como um todo, portanto, além do setor de formação e acabamento, o estágio também contemplou a UGB águas, responsável pelo fornecimento de toda a água da fábrica, tratamento de efluentes, ácidos, bases e solução.

O sistema de hierárquico do setor onde as atividades foram realizadas está ilustrado na Figura 1.

1.1 Objetivos

O intuito deste relatório é apresentar as atividades desenvolvidas durante a realização do estágio integrado na empresa Acumuladores Moura S.A e os conteúdos técnicos essenciais para a realização deste.

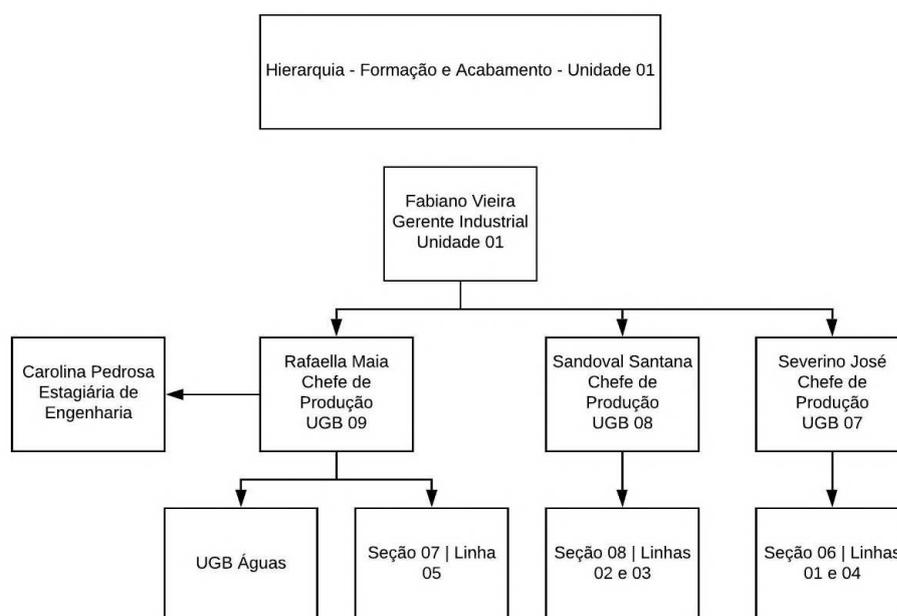


Figura 1 – Hierarquia de Comando para Formação, Acabamento e UGB Águas.

1.2 A Empresa

A Acumuladores Moura S.A. é uma empresa do ramo de baterias automotivas, tracionárias, estacionárias, náuticas e para motocicletas, fundada em 1957 em Belo Jardim - PE. Atualmente é a maior empresa do setor de acumuladores elétricos da América Latina, com capacidade produtiva anual superior a 7 milhões de baterias.

A bateria de chumbo-ácido é uma das principais fontes portáteis de energia elétrica com ampla aplicação na vida cotidiana (veículos de transporte, telecomunicações, tecnologias da informação etc.), conquistando uma posição dominante em aplicações de armazenamento de energia e de nivelamento de carga em sistemas de fornecimento de energia. As baterias de chumbo-ácido são baratas, fáceis de produzir, fáceis de reciclar, e os recursos para sua fabricação são abundantes. Esses fatores explicam o faturamento anual de dezenas de bilhões de dólares da indústria de Baterias Chumbo-Ácido no mundo.

A Acumuladores Moura está dividida em unidades pelo Brasil e em alguns países da América do Sul. Contando com cerca de 5 mil colaboradores, sua estrutura atual é composta por dez unidades, sendo algumas fabris e outras administrativas. As atividades do presente estágio foram realizadas na Unidade 01 da Moura, unidade sede do grupo, responsável pela fabricação de baterias automotivas. O setor cujas atividades foram desenvolvidas foi o de Formação e Acabamento, compreendendo também a Unidade Básica de Gerenciamento de Águas (UGB Águas).

A estrutura organizacional de todo o grupo é observada na Tabela 1. Constando todas as unidades do grupo, os respectivos produtos de cada unidade e a localização.

Tabela 1 – Estrutura Fabril da Acumuladores Moura

Unidade	Produtos	Localização
UN 01 - Acumuladores Moura Matriz	Baterias sem carga para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição, montadoras, especiais e exportação	Belo Jardim - PE
UN 02 - Unidade Administrativa	Centro Administrativo	Jaboatão dos Guararapes - PE
Escritório São Paulo	Centro Administrativo	São Paulo - SP
Escritório Rio de Janeiro	Centro Administrativo	Niterói - RJ
UN 03 - Depósito FIAT e IVECO	Baterias para a Fiat e Iveco em Minas Gerais	Betim - MG
UN 04 – METALÚRGICA	Reciclagem de baterias e ligas de chumbo	Belo Jardim - PE
UN 05 – INDÚSTRIA DE PLÁSTICO	Caixa, tampa e pequenas peças para baterias	Belo Jardim – PE
UN 06 – UNIDADE DE FORMAÇÃO E ACABAMENTO	Baterias para montadoras, reposição e especiais	Itapetininga – SP
UN 08 – MOURA BATERIAS INDUSTRIAIS	Baterias tracionárias e de moto	Belo Jardim – PE
BASA – DEPÓSITO ARGENTINA	Baterias para montadoras e reposição na Argentina	Pilar
WAYOTEK – DEPÓSITO PORTO RICO	Baterias para montadoras e reposição no Porto Rico	Carolina
RADESCA – DEPÓSITO URUGUAI	Baterias para montadoras e reposição na Uruguai	Montevideu
RIOS RESPUESTOS – DEPÓSITO PARAGUAI	Baterias para montadoras e reposição na Paraguai	Assunção
UN 10 - Acumuladores Moura	Baterias para o mercado de reposição, montadoras, especiais e exportação	Belo Jardim - PE

2 Processo de Fabricação de Baterias de Chumbo-Ácido

As baterias de chumbo-ácido funcionam em um sistema dinâmico e complexo, no qual várias reações acontecem em taxas distintas, seja com a bateria carregando, descarregando ou em circuito aberto. Esse fenômeno ocorre devido à operação simultânea de dois sistemas eletroquímicos: o de chumbo ($Pb/PbSO_4$ e $PbO_2/PbSO_4$) e o de água (H_2O/H_2 e H_2O/O_2). Esses sistemas estão competindo continuamente entre si, no qual o de chumbo exerce um papel dominante, tornando a bateria de chumbo-ácido funcional e útil para a humanidade (PAVLOV, 2017).

A principal função de uma bateria automotiva é fornecer energia elétrica ao motor de partida e ao sistema de ignição do veículo, além de alimentar todo o sistema elétrico do veículo quando o motor é desligado. Atua, também, auxiliando o alternador na alimentação de todo o sistema elétrico do veículo e se, por algum motivo, o alternador não conseguir fornecer a totalidade da corrente elétrica, a bateria estabiliza a tensão do sistema elétrico. Desta forma, as principais especificações desejáveis em uma bateria são:

- 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)

Em resumo, uma bateria para aplicação automotiva deve ser capaz de fornecer correntes elétricas elevadas por vários segundos diversas vezes, possuir carga armazenada suficiente para manter em funcionamento aparelhos elétricos de baixo consumo, manter o veículo operando por várias horas em caso de pane do gerador, sofrer diversos ciclos de carga e descarga, sofrer baixa taxa de descarga durante armazenagem, ser recarregada rapidamente após descarga exagerada, requerer baixa ou nenhuma manutenção, operar em diversas temperaturas, não deve constituir fonte potencial de risco, além de resistir a fortes vibrações mecânicas (JUNG JOEY; ZHANG, 2015).

A armazenagem de energia em um acumulador é possível por causa das propriedades químicas que diversas substâncias possuem de dar ou receber elétrons. A bateria de chumbo-ácido é tipicamente um aparato eletroquímico e deve ser analisado sob três pontos básicos.

O primeiro é o seu aspecto químico envolvendo a natureza e as propriedades dos materiais utilizados em sua construção e as reações que ocorrem durante o processo de carga e descarga da mesma. O segundo refere-se ao aspecto físico da bateria que envolve o estudo dos requisitos elétricos da bateria relacionados com a sua capacidade nominal e de partida à baixa temperatura e ainda as transformações de energia química em elétrica e vice-versa. O terceiro aspecto está relacionado com a aplicação da bateria nos diversos sistemas que requerem sua utilização, analisar as condições nas quais a bateria vai estar submetida durante o seu uso.

2.1 Composição Física da Bateria de Chumbo-Ácido

O elemento inicial de uma bateria é a caixa depósito na qual todos os seus componentes estão contidos, no caso da Moura trata-se de uma **caixa** preta de plástico resistente aos efeitos corrosivos do ácido (polipropileno), fabricada na Unidade 05.

Nesse relatório será realizada a análise do modelo de bateria mais vendido na Moura: M60GD. Trata-se de uma bateria de reposição automotiva de 60 Ah. Dentro da caixa há 6 compartimentos de tamanhos iguais chamados de **células**, dentro de cada célula há um **elemento**, que é um bloco composto de **placas** positivas e negativas.

Cada placa é composta por uma grade de chumbo, a massa (material ativo) e um material microporoso de isolamento chamado **separador**, cuja função é impedir o contato entre a placa positiva e negativa. A solução de ácido sulfúrico permeia os poros das placas e separadores, enchendo os espaços livres das células.

Os terminais, as conexões das células e as placas são todos feitos de chumbo, dada sua durabilidade, custo e condutividade. Todos os elementos mencionados estão ilustrados na Figura 2.

As aberturas das conexões das células nas divisórias são seladas. Um processo de vedação em alta temperatura é usado para selar a tampa permanentemente à caixa da bateria, o que resulta na selagem superior da bateria.

O indicador de carga fica embutido na tampa e tem a função de indicar o estado de carga em que a bateria se encontra. Uma esfera que está dentro do indicador irá elevar-se de acordo com a densidade do eletrólito, tornando visível no centro do indicador um tom de cor, que poderá ser: verde, escuro ou claro, conforme o estado de carga da bateria.

2.2 Composição Eletroquímica da Bateria de Chumbo-Ácido

A composição eletroquímica da bateria de chumbo-ácido em seu estado carregado consiste de um eletrodo positivo de dióxido de chumbo (PbO_2) e um eletrodo negativo de

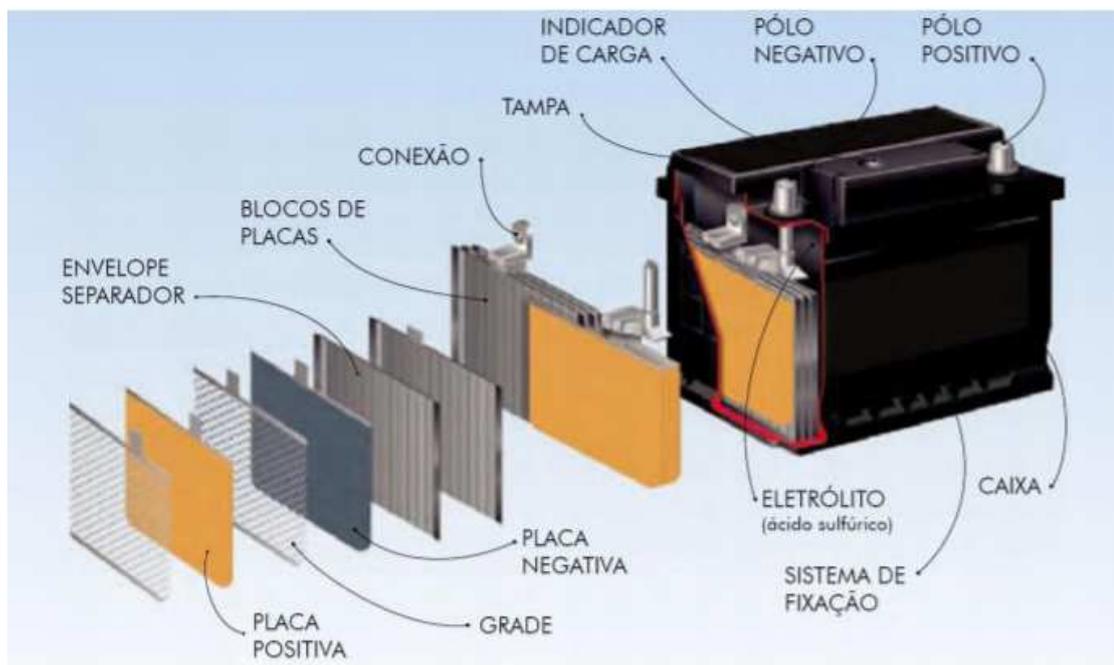


Figura 2 – Composição Física de uma Bateria Automotiva

chumbo (Pb), ambos imersos em uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) atuando como o eletrólito.

Na descarga, o dióxido de chumbo da placa positiva e o chumbo da placa negativa irão se transformar em sulfato de chumbo ($PbSO_4$) e consumir os íons de sulfato, reduzindo a densidade do eletrólito (JUNG JOEY; ZHANG, 2015). As reações eletroquímicas se descrevem na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de Reações Eletroquímicas da Bateria de Chumbo-Ácido

Reação	Força Eletromotriz (V)
Para o Eletrodo Positivo (Ânodo)	
$PbO_{2(s)} + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	$E = +1,7$
$Pb_{(aq)}^{2+} + SO_{4(aq)}^{2-} \rightleftharpoons PbSO_{4(s)}$	
Para o Eletrodo Negativo (Cátodo)	
$Pb_s \rightleftharpoons Pb_{(aq)}^{2+} + 2e^-$	$E = -0,3$
$Pb_{(aq)}^{2+} + SO_{4(aq)}^{2-} \rightleftharpoons PbSO_{4(s)}$	
Reação Combinada	
$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$	$E = 2,0$

A força eletromotriz da célula (E) é determinada pela diferença de equilíbrio de potencial entre os eletrólitos de $PbSO_4/Pb$ e $PbO_2/PbSO_4$, $E_{PbSO_4/Pb}$ e $E_{PbO_2/PbSO_4}$, respectivamente (PAVLOV, 2017):

$$\Delta E_e = E_{PbO_2/PbSO_4} - E_{PbSO_4/Pb} \quad (2.1)$$

$$\Delta E_e = \Delta E_e^0 + \frac{2RT}{nF} \log \frac{a_{H_2SO_4}}{a_{H_2O}} \quad (2.2)$$

A força eletromotriz da célula sem transferência de íons (ΔE^0) é 2,04 V. A concentração de ácido sulfúrico e a temperatura da célula também impactam na força eletromotriz. Normalmente, o potencia de célula aberta de baterias de chumbo-ácido variam de 2,10 V a 2,13 V e a tensão nominal prática de uma única célula é 2 V. Normalmente, uma bateria automotiva é constituída por 6 elementos e cada um apresenta 2,1 volts, que ligados em série totalizam 12,6 volts (no caso das baterias totalmente carregadas).

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. Fazer com que os elétrons sejam transferidos eficiente e controladamente é o segredo do funcionamento de um bom acumulador.

Finalmente, o dispositivo só é considerado um acumulador se possibilitar que os elétrons transferidos do chumbo ao dióxido de chumbo possam ser transferidos no sentido contrário, através da aplicação de uma corrente elétrica externa, no presente caso, regenerando o chumbo e o dióxido de chumbo consumidos.

2.3 O Processo

Na Acumuladores Moura S.A. o processo de fabricação divide-se em três etapas principais: **Placas, Montagem, Formação e Acabamento**. A unidade 01 realiza todas as etapas desse processo e os administra através de Unidades Básicas de Gerenciamento (UGB), que subdividem as atividades de cada uma das três grandes áreas.

2.3.1 Moinhos

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3, existem dois pontos iniciais na produção do acumulador: um com o **chumbo mole** e outro com o **chumbo liga**. A partir do chumbo mole é feito o **óxido de chumbo no moinho** (Figura 4). Na UGB 01, onde encontram-se os moinhos, o processo é iniciado com o recebimento dos lingotes de chumbo, que após uma série de etapas finaliza-se com o armazenamento do monóxido de chumbo (pó). A UGB 01 possui 2 Moinhos CAM com capacidade de produção de 27 ton./dia de pó, cada, e 4 Moinhos Barton com capacidade de 18 ton./dia, cada.

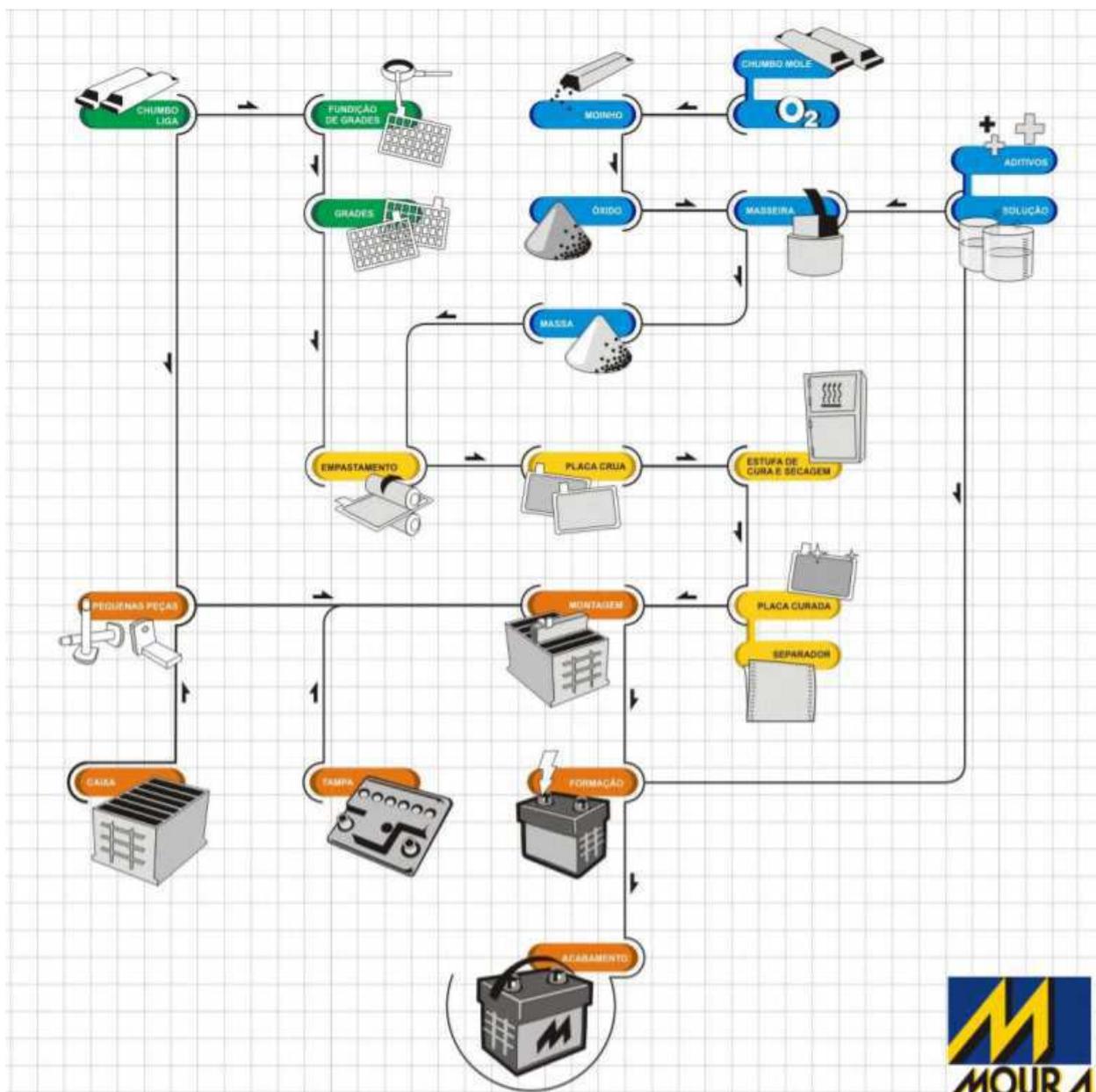


Figura 3 – Fluxograma Resumido do Processo de Fabricação de Baterias de Chumbo-Ácido na ACMO. (Fonte: Acumuladores Moura)

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

Já o processo do moinho de bolas (óxido de atrito), CAM, é baseado em reações em fase sólida, e operando com uma faixa de temperatura entre 70 e 180 °C. No processo

de moinho de bolas, pequenos cilindros de chumbo são sujeitos à oxidação. Estes cilindros são alimentados em um grande tambor de aço que gira em torno de seu eixo horizontal. Dentro do tambor que gira, as peças de chumbo friccionam-se e batem umas contra as outras. A energia gerada pelo atrito entre as peças de chumbo é suficiente para iniciar a reação de oxidação na superfície. Como esta reação é exotérmica, o calor envolvido sustenta a temperatura de oxidação e o excesso de energia é dissipado pelo resfriamento do tambor, por meio da aspensão de ar frio e de água através do reator. A temperatura do tambor é mantida a um valor no qual a superfície de chumbo oxide facilmente. O fluxo de ar aspirado através do moinho tem mais duas funções: fornecer oxigênio para o processo de oxidação e para arrastar o pó de óxido de chumbo obtido. O ar é geralmente fornecido por duas fontes: através do orifício de entrada utilizado para alimentar o chumbo no moinho e de uma alimentação direta de ar frio.

O óxido é utilizado na masseira para se produzir a **massa**.

2.3.2 Grades

Paralelamente ao processo dos moinhos, a partir do chumbo liga são produzidas as **grades** (Figura 6). Dois processos distintos são utilizados para a fabricação das grades: grades enfitadas e grades laminadas (Figura 5).

O processo das grades enfitadas é formado pela fusão da liga de chumbo, feita no Cadinho, que aquece e derrete a liga com temperaturas em torno de 450 °C. As fitas são formadas na fundidora Cominco, na qual o chumbo é resfriado para se obter o formato desejado no estado sólido. A seguir no corte e bobinamento, após a fundição, a liga torna-se fita e passa por um bobinador responsável por enrolá-las.

Depois de produzidas, as fitas fundidas não têm resistência mecânica suficiente e ficam estocadas por 5 dias para maturação, ocorrendo a migração dos elementos de liga para o contorno de grão. Após a maturação, as fitas passam pela desbobinadora e a expansão das fitas é feita pela expansora cominco, na qual serras penetram a fita, expandindo e formando losangos, passando a se chamar Malha, por fim é realizado o bobinamento da malha.

Para as grades laminadas, a fusão é feita no cadinho e a fundição e a laminação são realizadas na Fundidora Properzi. Depois de produzidas, as fitas laminadas não têm resistência mecânica suficiente e ficam estocadas por 1 dia para maturação. Feito isso, o controle da largura e da espessura é realizado pela laminadora, em seguida, ocorre o corte e o bobinamento da liga no formato de lâmina.

Após a maturação, as fitas laminadas passam pela desbobinadora, a fita deve estar bem alinhada, então, ocorre a furação. Em seguida, a fita passa pela expansora Roche, na qual serras penetram a fita laminada, expandindo e formando losangos, passando a

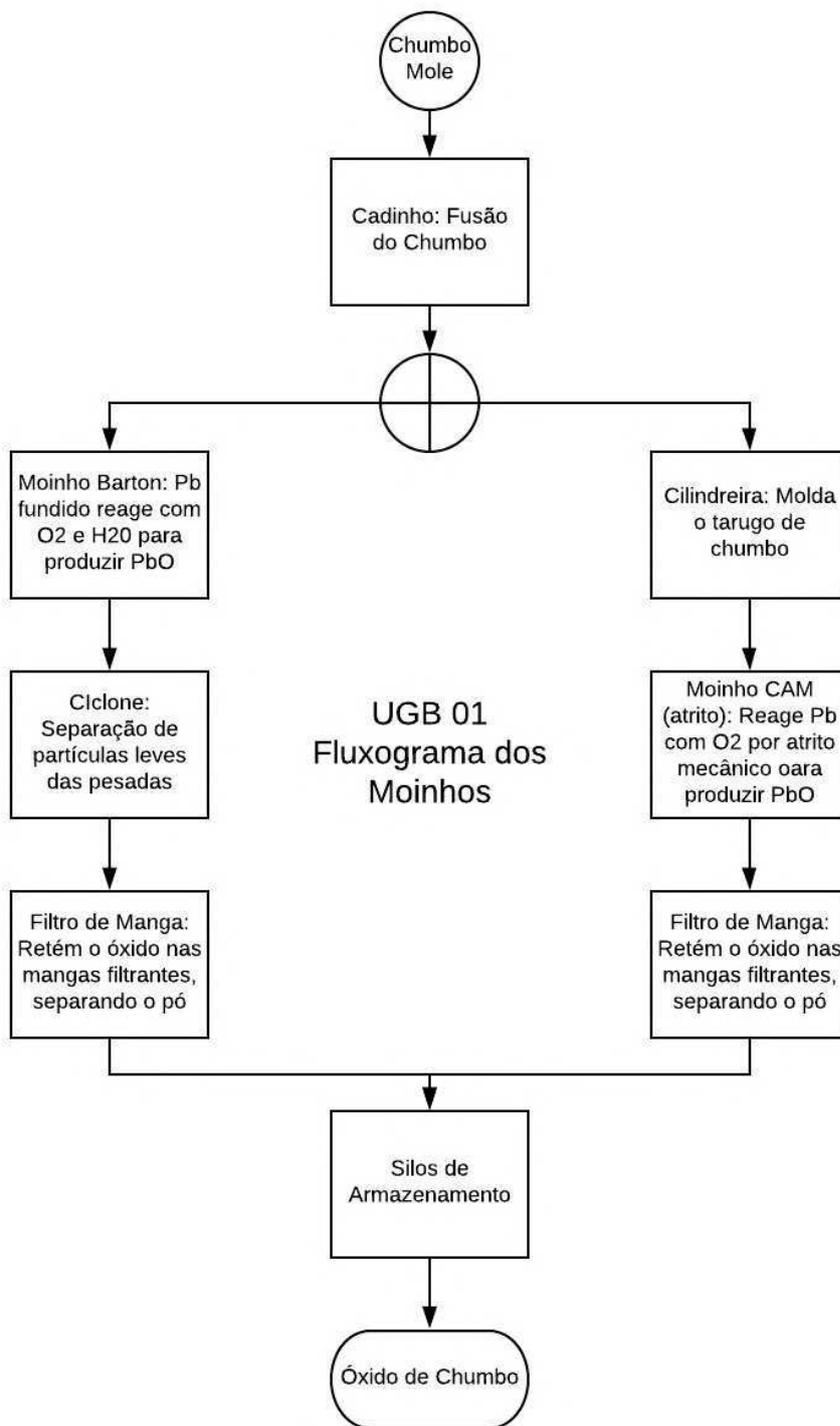


Figura 4 – Fluxograma dos Moinhos. (Fonte: Própria Autora)

se chamar malha, e por fim, ocorre a planificação da grade e o corte da “orelha” e o bobinamento da malha.

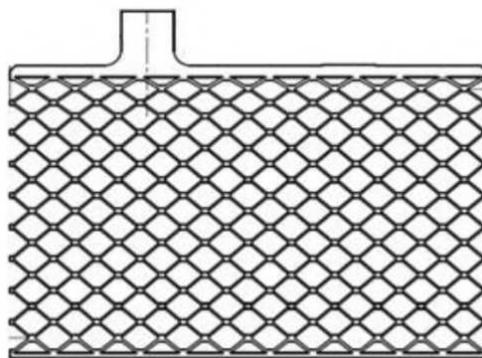


Figura 5 – Imagem de uma grade. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)

2.3.3 Empastamento

As UGB-03 e UGB-04 são responsáveis por fazer o empastamento da placa (Figura 7). Na fabricação de placas positivas e negativas para as baterias chumbo-ácido são utilizadas massas de óxido de chumbo saturada com água e sulfatada. Normalmente, a água é adicionada ao óxido antes de uma solução de H_2SO_4 (densidade em torno de 1.400 g/m^3) e é adsorvida na superfície do óxido com formação de $Pb(OH)_2$.

Os principais aditivos utilizados na massa negativa são: vanisperse, negro de fumo, sulfato de bário e fibra sintética, apenas esta última e o perborato de sódio são utilizados na massa positiva.

A massa é empastada (Figura 8) na grade para se produzir as placas. As placas então são levadas para estufas onde ocorrem os processos de cura e de secagem.

O processo de cura de placas é um processo crítico para fabricação de baterias, o qual afeta a qualidade e a vida, bem como a produtividade da empresa. Durante o processo de cura, as partículas da massa estão interligadas para formar uma forte massa porosa ininterrupta (esqueleto) que, por sua vez, está firmemente ligada à grade. Tipicamente, após serem parcialmente secas no túnel de secagem, as placas são dispostas em pilhas (empilhados) e arranjadas em paletes. Em seguida, são encaminhadas com uma empilhadeira para um sistema de cura em estufas, tipicamente do tipo batelada. Os paletes são dispostos horizontalmente e/ou verticalmente. Deve haver espaço vazio suficiente em torno dos paletes para permitir a livre circulação do ar e favorecer um processo de cura e secagem mais homogêneo. Essa livre circulação de ar ao longo da estufa é tão essencial quanto temperatura e umidade para uma cura uniforme das placas em todas as partes da câmara. A distribuição uniforme do fluxo de ar dentro da câmara é complicada pelo carregamento irregular da câmara.

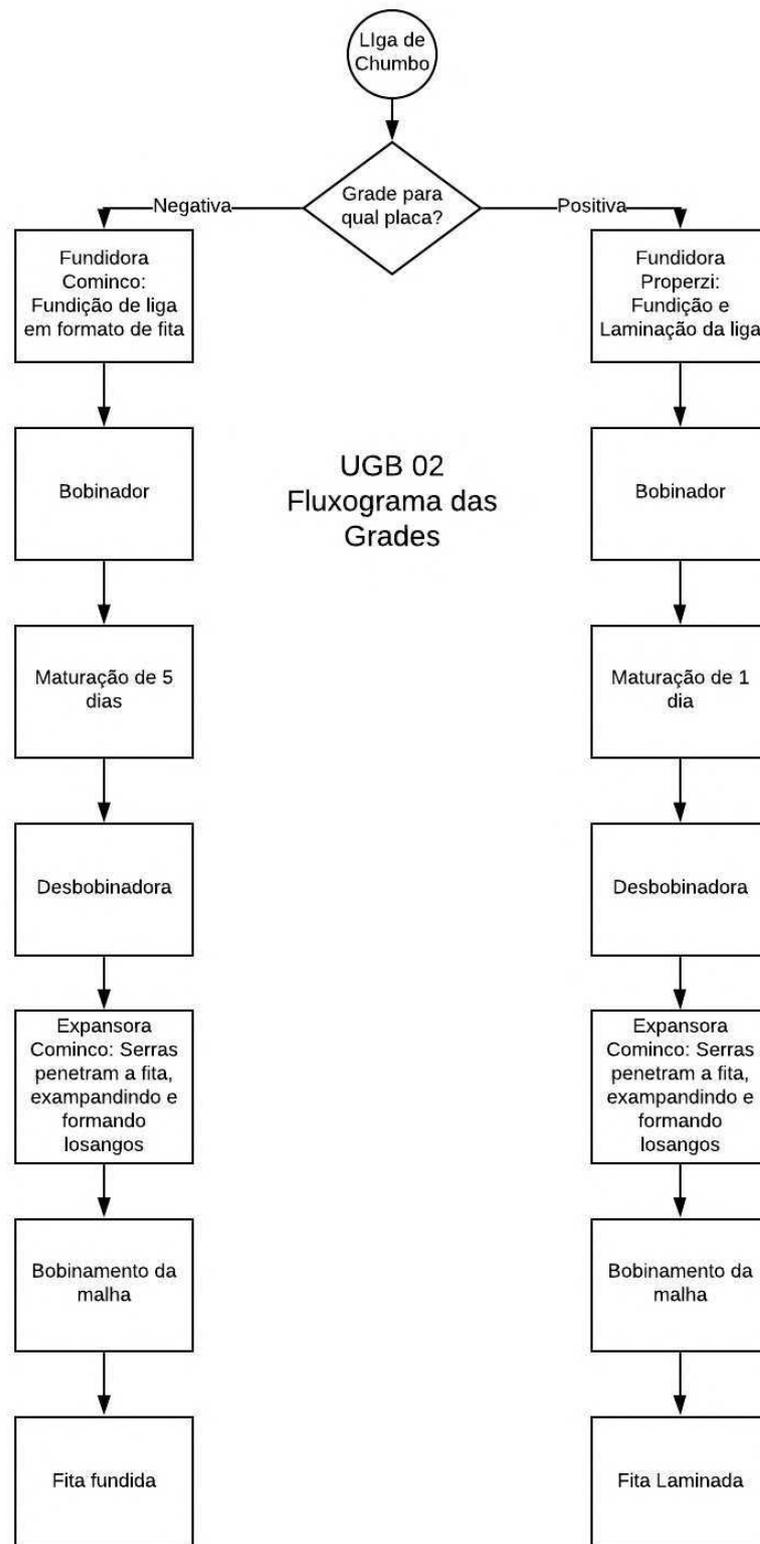


Figura 6 – Fluxograma de Grades. (Fonte: Própria Autora)



Figura 7 – Imagem de uma Placa positiva. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)

2.3.4 Montagem

Após o processo de secagem, as placas dispostas em cavaletes são direcionadas para o estoque e, em seguida, para o processo de montagem (Figura 9). Este processo consiste na organização das placas positivas e negativas dos modelos especificados para cada bateria, juntamente com um separador microporoso em elementos. Estes são dispostos em cubas presentes no interior de uma caixa de polipropileno. São realizadas conexões, conhecidas por soldas intercel entre elementos. Por fim, a tampa é selada e as baterias montadas são dispostas em paletes para o transporte.

Ao fim desta etapa temos a chamada "Bateria Crua", já que possui todos os elementos "secos" montados, faltando apenas etapa de Formação e Acabamento realizar a adição do eletrólito, o carregamento da bateria e a finalização estética da bateria.

2.3.5 Formação e Acabamento

O processo de formação (Figura 11) consiste na conversão do material ativo presente nas placas, $PbSO_4$, em dióxido de chumbo (PbO_2) nas placas positivas, e chumbo metálico esponjoso (Pb) nas placas negativas. Para tanto, as baterias montadas são preenchidas com solução de ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, e dispostas em bancos para o processo de injeção de carga (formação). As baterias no interior dos bancos de formação são dispostas em 16 circuitos, onde cada um tem capacidade de aplicar carga em 16 baterias.

As baterias tem seus terminais ligados a um retificador que irá passar uma corrente elétrica contínua que produzirá as transformações eletroquímicas (10). A reação entre a solução de ácido sulfúrico com as placas cruas durante a etapa de enchimento, é chamada de sulfatação, e ocorre com bastante desprendimento de calor (reação exotérmica). Após o início da carga, o banco é cheio com água de modo a auxiliar a dispersão do calor gerado durante as reações de formação.

Os elementos necessários para a realização da formação são: a bateria crua (montada), a solução ácida, energia e programação/demanda. O processo inicia-se com a

desmineralização da água para utilização no preparo de solução.

Utilizam-se desmineralizadores para retirar os sais da água, que passa por filtros como o Filtro de Areia (filtra partículas maiores), o Filtro de Carvão (retira o odor da água), o Filtro de Resina Catiônica (retém íons positivos) e o Filtro Aniônico (retém íons negativos). Para verificar a qualidade da desmineralização, realizam-se periodicamente testes de condutividade da água, se a condutividade for acima de 20 S significa que há um excedente de sais, portanto, a água deve continuar no processo de desmineralização para evitar a formação de pilhas de íons nas placas.

É necessário aguardar que todo o interior da placa crua da bateria esteja umedecido (sulfatado) para que a formação propriamente dita seja iniciada. Nos estágios iniciais da formação, a densidade da solução está baixa, assim como sua condutividade elétrica. As placas também são pouco condutoras nesse estágio de modo que existe uma perda de energia elétrica que é convertida em calor.

A formação das placas negativas é um processo eficiente e ocorre sem dificuldade, no entanto, as placas positivas são difíceis de formar. Assim, em uma bateria, as placas negativas se formam primeiro que as positivas. Quando as placas negativas já estão formadas, a passagem de eletricidade pela mesma provoca outra reação, que é a formação de gás hidrogênio sobre a mesma, com mais desprendimento de calor. A formação é encerrada, quando a placa positiva está formada e isso ocorre quando a bateria recebe toda a carga programada. A densidade final é aumentada atingindo o valor especificado, e, além da tensão final, este também pode ser um critério de encerramento da formação.

A concentração de ácido sulfúrico exerce influência no processo de sulfatação das placas durante o enchimento e formação, e por consequência na estrutura e na composição de fase dos materiais ativos. Por isso, a densidade da solução tem importantes efeitos sobre a performance do acumulador. Ela tem influência direta na tensão final da bateria e na condutividade da solução, que é importante para as descargas. A escolha da densidade inicial deve levar em consideração a densidade final requerida pelo cliente.

Após o processo de formação, o nível de eletrólito é reduzido e torna-se mais concentrado do que no momento do enchimento. Visando que as baterias sejam entregues ao cliente com uma solução homogênea e de nível e densidades controladas, no processo de acabamento, há um nivelamento com eletrólito de concentração conhecida. Em seguida, as baterias são lavadas, passam por testes, são seladas com uma sobretampa e recebem um acabamento final, que consiste na aplicação do rótulo do modelo, anexação o termo de garantia, codificação, plastificação e paletização, são direcionadas para o centro de distribuição.

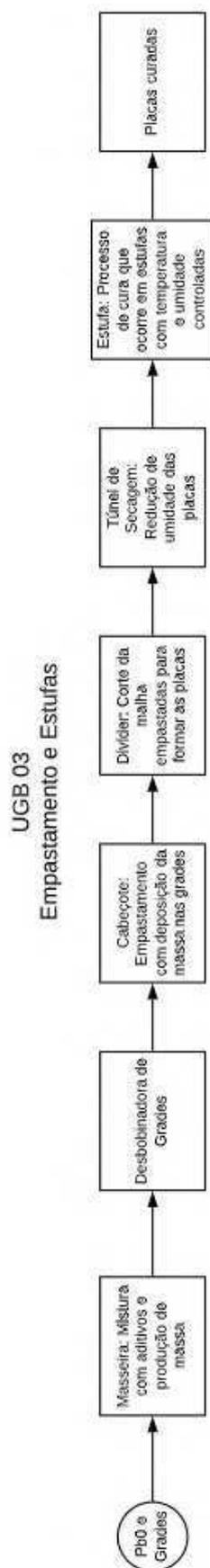


Figura 8 – Fluxograma do Empastamento. (Fonte: Própria Autora)

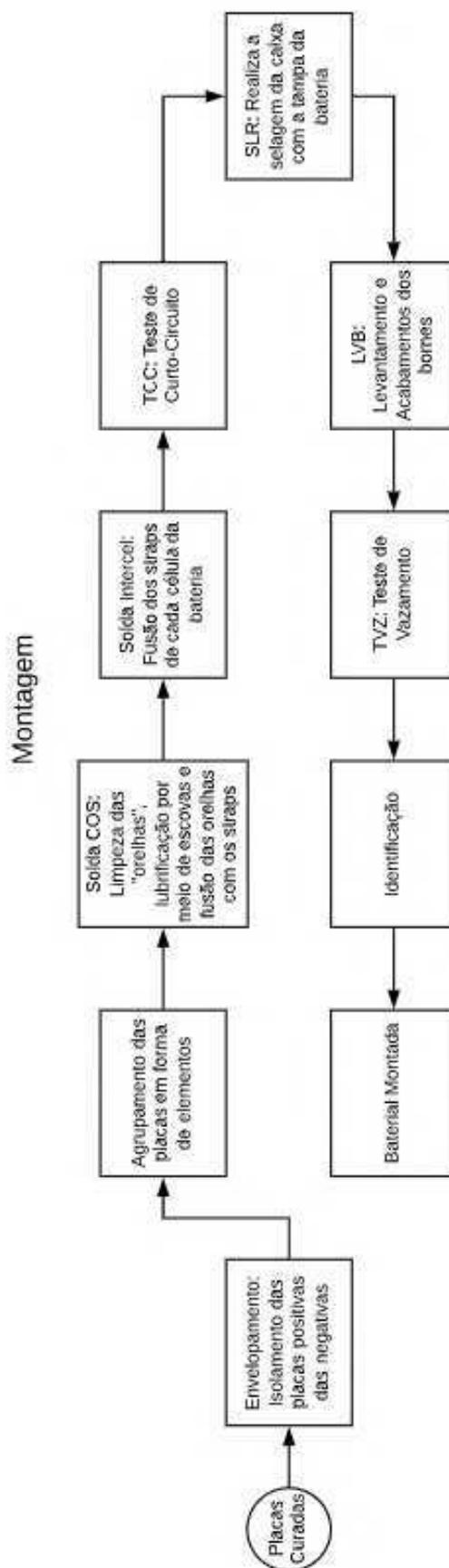


Figura 9 – Fluxograma da Montagem. (Fonte: Própria Autora)

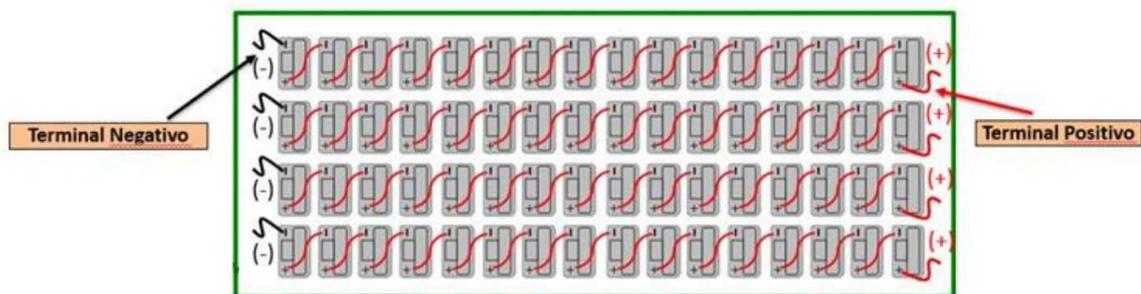


Figura 10 – Esquema de conexões das baterias dentro do banco de formação. (Fonte: Acumuladores Moura)

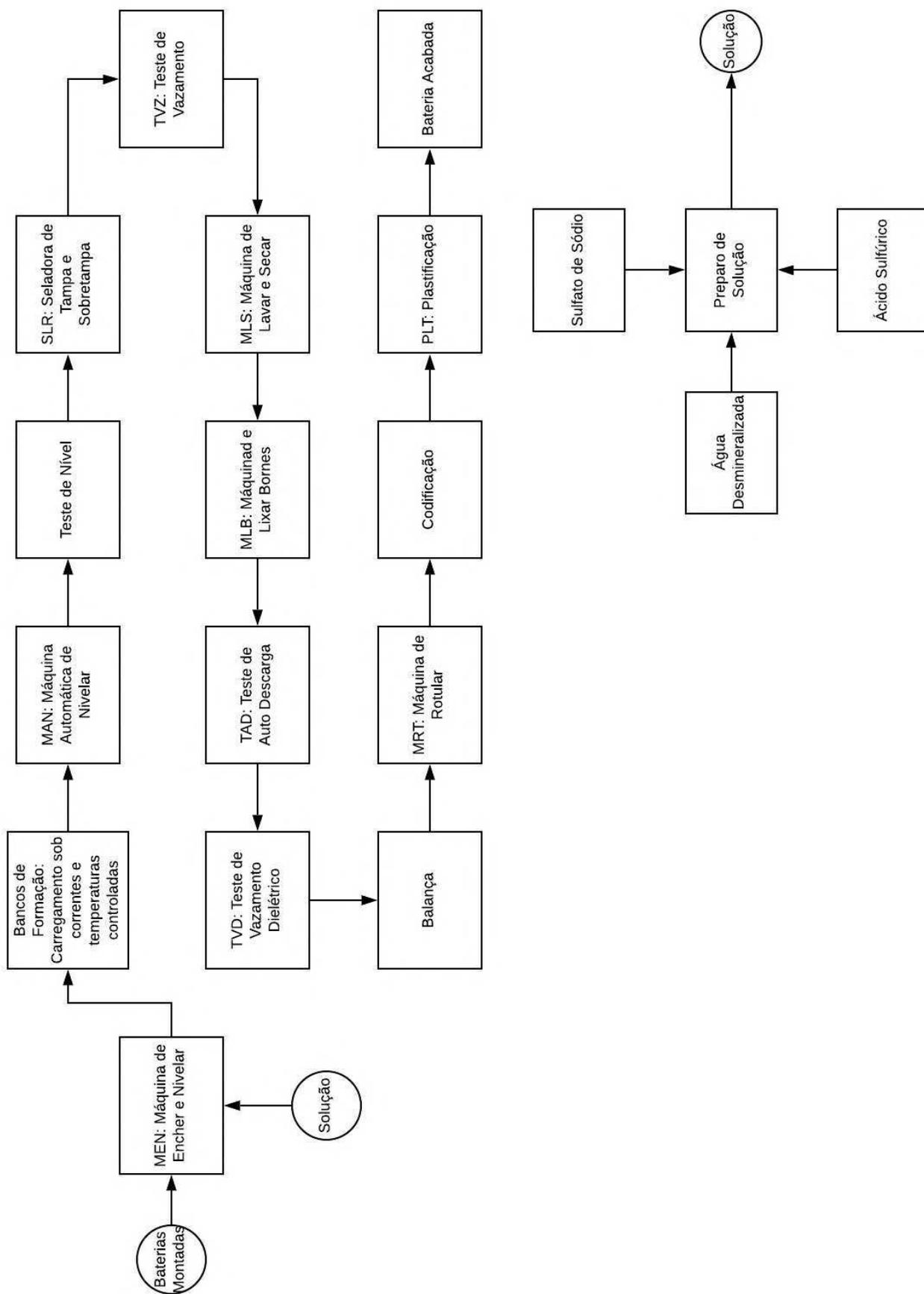


Figura 11 – Fluxograma da Formação e Acabamento. (Fonte: Própria Autora)

3 Ferramentas Organizacionais

Antes de descrever as atividades realizadas durante o período de estágio, é necessário explicitar as ferramentas utilizadas na Moura para Análise e Correção de problemas. Todos os critérios aqui informados foram dados através de treinamento presencial.

3.1 WCM - *World Class Manufacture*

No período de realização do estágio, a Moura estava utilizando o WCM (Manufatura de Classe Mundial) como modelo de gestão da produção, migrando do TPM (Manutenção Produtiva Total). O alto nível de competitividade exige que as empresas alcancem um nível de excelência na gestão de seus processos, eliminando os imprevistos a fim de assegurar a sua permanência no mercado. Dessa maneira, a fábrica busca programas de otimização da manufatura com o objetivo de identificar e reduzir as perdas, diminuindo o custo de transformação e aumentando o faturamento da corporação.

O programa WCM, é um sistema de gestão integrado de redução de custos e visa otimizar Logística, Qualidade, Manutenção e Produtividade para níveis de classe mundial, através de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas. Identifica as perdas da fábrica e define dentre os dez pilares técnicos do programa (Figura 12), qual é o mais indicado para a redução da perda encontrada. (SCHONBERGER, 1986).

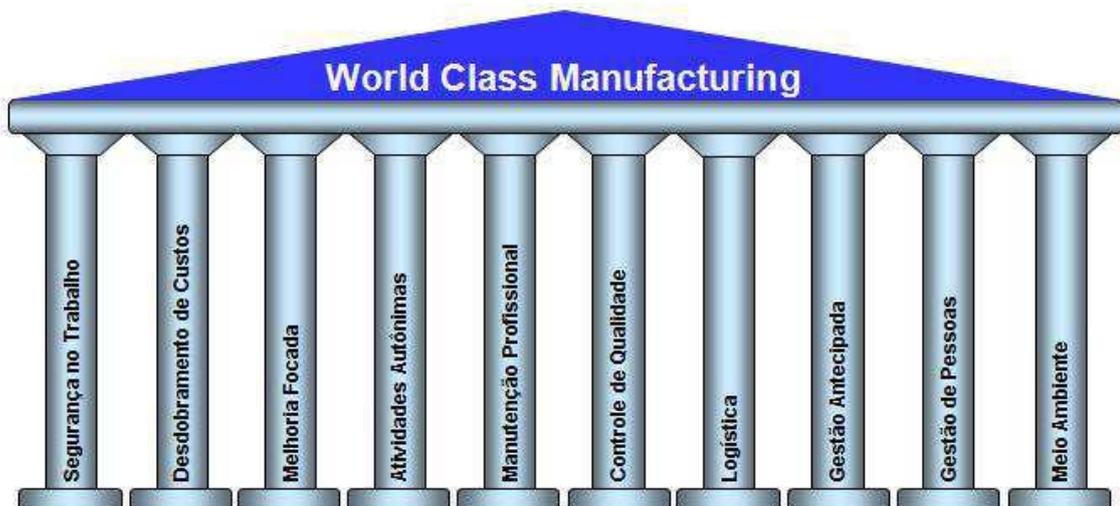


Figura 12 – Pilares do WCM. Fonte: Acumuladores Moura S.A.

Todas as empresas de modo geral têm um objetivo em comum: a maximização de seus lucros. Dessa forma, procuram reavaliar todos os seus processos de manufatura,

atacando as perdas identificadas. Porém, um problema muito comum é justamente a identificação dessas perdas. Muitos simplesmente não conseguem enxergar as perdas de seus processos produtivos, e isto ocorre devido a fatores que estão intrínsecos da política de trabalho da empresa e na cultura das pessoas. O WCM neste caso propõe a mudança da cultura e a definição de um novo padrão de trabalho de forma que ao longo de sua implementação, as pessoas e o sistema sejam capazes de identificar e atacar cada vez mais as perdas embutidas no custo de transformação da empresa. O custo de transformação é estratificado de tal forma com o WCM que possibilita um melhor gerenciamento de custos, garantindo grandes ganhos para a companhia.

3.2 Kaizen

O Kaizen é um conjunto de práticas que levam à melhoria contínua da empresa. Na Moura, trata-se de um documento orientado pelo ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), 5G, 5W1H e o diagrama de Ishikawa, com o objetivo de orientar a mitigação de um problema ou melhorar um processo.

Todo o Kaizen propõe ferramentas para executar corretamente o ciclo PDCA — também chamado de Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart — é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo promover a melhoria contínua dos processos por meio de um circuito de quatro ações: planejar (plan), fazer (do), checar (check) e agir (act) (Figura 13). O intuito é ajudar a entender não só como um problema surge, mas também como deve ser solucionado, focando na causa e não nas consequências. Uma vez identificada a oportunidade de melhoria, é hora de colocar em ação atitudes para promover a mudança necessária e, então, atingir os resultados desejados com mais qualidade e eficiência.

Esse método de análise e mudança de processos parte do pressuposto de que o planejamento não é uma fase estanque — ou seja, não acontece uma única vez —, tampouco é absoluta. Por isso, no decorrer do projeto pode ser preciso mudar o planejamento. E o Ciclo PDCA ajuda a fazer exatamente esse controle, que é contínuo, contribuindo para que cada processo se desenvolva da melhor maneira possível.

Portanto, primeiro passo de um Kaizen é descrição do problema, Figura 14, que geralmente pode ser quantificado em um gráfico de **indicador**, dentro de algum dos pilares do WCM. Esse indicador é estratificado através de um diagrama de pareto.

Em seguida é feita uma análise 5G, Figura 15, uma metodologia para a descrição e análise de um fenômeno de perdas (defeitos, avarias, anomalias de funcionamento, etc.).

Os princípios dos 5G são utilizados para identificar a causa raiz de um problema e eliminá-lo. Assim são eles: Gemba (lugar onde as coisas acontecem), Genbutsu (examinar o objeto – produto, máquina, ferramenta), Genjitsu (checar os fatos), Genri (análise dos



Figura 13 – Etapas de um ciclo PDCA. Fonte: Acumuladores Moura.



Figura 14 – Descrição do problema dentro do modelo de Kaizen utilizado na Moura.

princípios de funcionamento dos processos e seu conhecimento) e Gensoku (avaliação de procedimentos padrão).

Portanto, estar presente no local do problema é um dos temas mais importantes a serem destacados, é preciso entender de fato o que está acontecendo e deve ser uma das ferramentas iniciais na resolução dos problemas.

A metodologia 5G tem como objetivo estabelecer disciplina na sequência das atividades. Assim, a ferramenta consiste em:

- Gemba: local onde o problema ocorre;
- Gembutsu: examinar materiais envolvidos no problema;
- Genjitsu: descrição precisa e quantificada do problema;
- Genri: princípios mecânicos e físicos que regem a operação;
- Gensoku: Padronização da operação. Dessa forma, com esses cinco passos é possível em muitas situações identificar a causa raiz de um problema e eliminar sua ocorrência.

OBSERVAÇÃO (5G - Avaliar dados reais e ir ao local para confirmar os fatos)	
GEMBA - Vá para o local onde as coisas acontecem	
PERÍO:	TEXTO:
GEMBUTSU - Veja a peça com defeito e o processo sendo executado	
PERÍO:	TEXTO:
GENJITSU - Observe o fenômeno sem ideias pré-concebidas. Fatos e dados.	
PERÍO:	TEXTO:
GENRI - Explique os fenômenos dos processos	
PERÍO:	TEXTO:
GENSOKU - Siga as instruções e padrões operativos	
PERÍO:	TEXTO:

Figura 15 – Estratificação do problema utilizando a metodologia de 5G.

Em seguida, devem-se ser estabelecidas as metas globais e específicas do seu projeto, para estratificar os problemas observados no 5G através da ferramenta dos 4M's ou **Diagrama de Ishikawa**.

O Diagrama de Ishikawa, conhecido como Espinha de Peixe, Diagrama 6M ou Diagrama de Causa e Efeito tem o objetivo de indicar a relação entre o efeito e as causas que contribuem para a sua ocorrência.

Ele foi aplicado pelo professor Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio, em 1953, para detectar os problemas de qualidade de uma fábrica. Esse diagrama é parecido com a espinha de um peixe e divide os problemas em seis possíveis causas. Na Moura, há uma redução para apenas 4 causas ou 4M's, que são: **mão-de-obra**, **material**, **máquina** e **método**, como na Figura 16.

Após essas quatro etapas (descrição do problema, 5G, estabelecimento de metas e Diagrama de Ishikawa), passamos para o Plano de Ação, que será aplicado em busca dos resultados almejados no estabelecimento das metas.

Por fim, deve-se mostrar as evidências das ações e padronizações que precisem ser criadas ou alteradas.

Desta forma, através dessas metodologias, foi executado todo um **ciclo PDCA**.

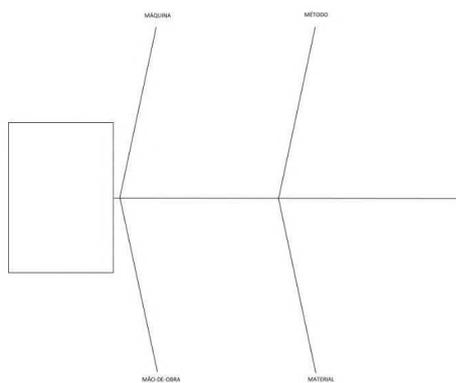


Figura 16 – Modelo de Diagrama de Ishikawa no documento de Kaizen da Moura.

subfigure

4 Atividades Realizadas no Estágio

Neste capítulo serão abordadas as principais atividades realizadas durante o período de estágio e que trouxeram algum benefício direto para a empresa.

Todos os projetos seguiram as metodologias necessárias para estratificação de um problema, permitindo a práticas das teorias ensinadas durante os treinamentos, aliados aos conhecimentos adquiridos durante a universidade.

4.1 Pilar de Vazamentos

O Pilar de Vazamentos é parte integrante do Pilar de Meio-Ambiente do modelo WCM discutido anteriormente.

Durante o processo de Formação e Acabamento se recebe solução de ácido sulfúrico para encher as baterias cruas recebidas das montagem. A solução trata-se de um composto muito ácido com alto poder corrosivo e contaminante.

Para a Moura, qualquer vazamento de material ácido deve ser monitorado e estar contemplado dentro do direcionador do Pilar de Vazamentos para orientação e elaboração de kaizens, cujo objetivo seja a mitigação das fontes de vazamento.

Uma das atividades realizadas no estágio foi a elaboração de um 5G de todas as áreas com potenciais riscos de vazamento, contabilizá-los e estratificá-los por gravidade: leve, médio, grave e muito grave.

Para poder fazer a estratificação por gravidade foi criada uma tabela que atribuiu notas baseadas em dois critérios: Probabilidade e Gravidade. Onde para cada critério se atribui uma nota de 1 a 4, onde 1 é leve e 4 é muito grave. As notas são atribuídas de acordo com os critérios da Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros criados para estratificação de probabilidade e risco na elaboração de 5G.

Nota	Probabilidade	Gravidade
(1)	IMPROVÁVEL: Combinação de eventos mais interdependentes e menos provável. (Não há precedentes)	LEVE: Potencial complicação médica e/ou ambiental
(2)	POUCO PROVÁVEL: Circunstancias pouco provável (Muito raro)	MÉDIO: Consequência de uma possível lesão sem afastamento e/ou Consequências ambientais a longo prazo
(3)	PROVÁVEL: Nenhuma correlação direta entre o fato e dano (Anterior rara)	GRAVE: Consequência de uma possível lesão com afastamento inferior à 30 dias e/ou Consequências ambientais a médio prazo
(4)	MUITO PROVÁVEL: Correlação direta entre fato e o dano. (Tem precedente)	MUITO GRAVE: Consequência de uma possível lesão com afastamento superior à 30 dias, mutilação ou morte e/ou Consequências ambientais imediatas

Dessa forma, as áreas que contempladas nesse estudo foram: Preparo de Solução, Estação de Tratamento de Afluentes (ETA), Estação de Tratamento de Efluentes (ETE),

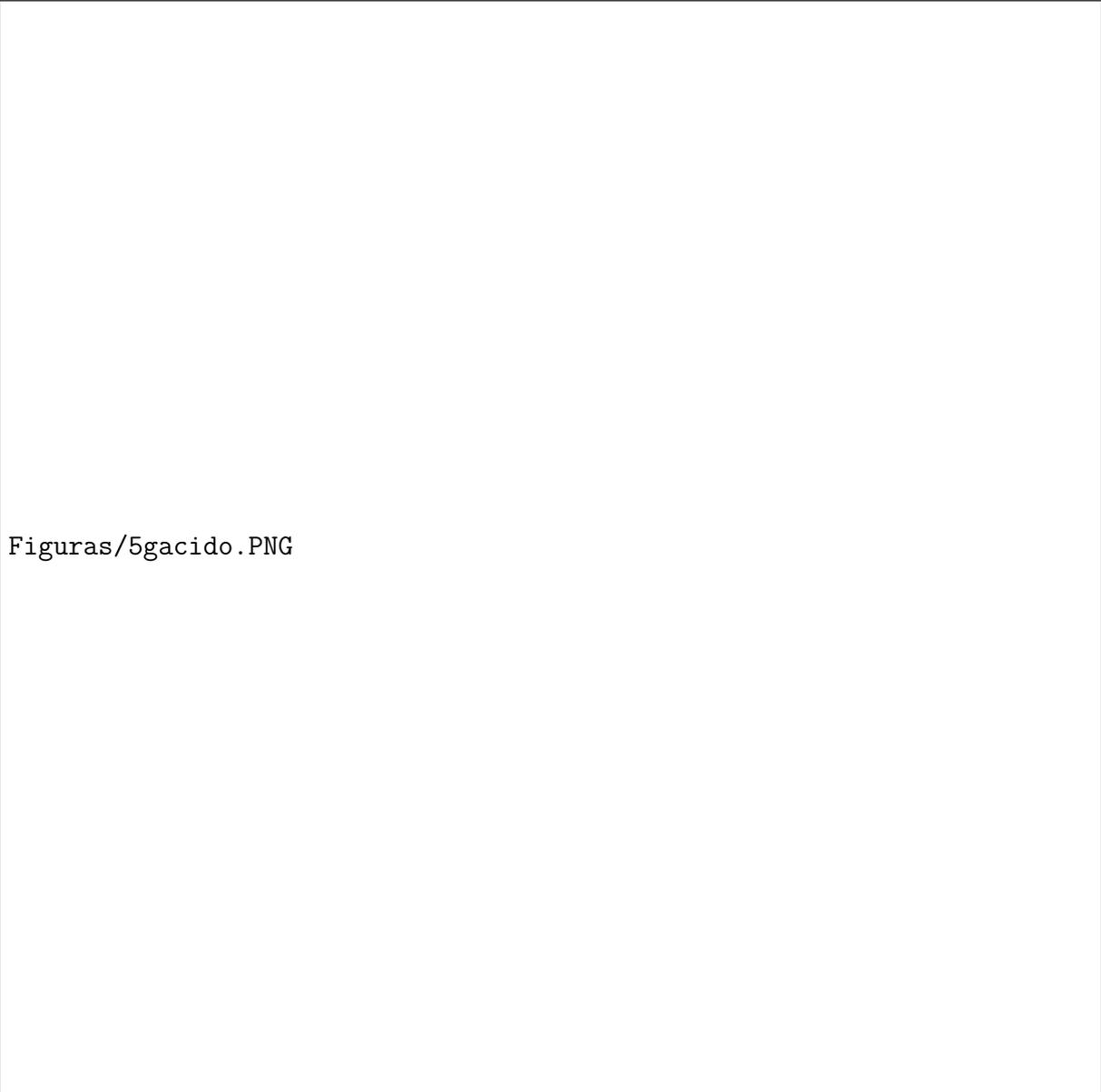
Armazenamento e Descarrego de Ácido Bruto, Torres de Resfriamento, Lavadora de Gases, todas as Seções de Formação e todas as Linhas de Acabamento. Totalizando 14 regiões para análise.

O procedimento de construção do indicador de Vazamento seguiu os parâmetros de 5G, como descrito na Figura 17:



Figura 17 – Procedimento de levantamento de dados para o Pilar de Vazamentos. (Fonte: Própria Autora)

Dessa forma, foi criado um documento para cada área, no qual ao identificar uma fonte de vazamento, era feito um registro fotográfico, uma descrição do problema, análise da causa e estratificação de gravidade. O produto entre as notas atribuídas a Probabilidade e a Gravidade gera o diagnóstico geral (status) do problema, como exemplificado na Figura 18.



Figuras/5gacido.PNG

Figura 18 – Documento de 5G elaborado para o Armazenamento e Descarrego de Ácido Bruto. (Fonte: Própria Autora.)

Desta forma, pode-se contabilizar os riscos e estratificá-los por gravidade na área em questão, como na Figura 19.

Essa mesma metodologia foi aplicada para todas áreas, gerando um Diagrama de Pareto dos dados de número de riscos por área (Figura 20).

O diagrama de Pareto é um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, procurando levar a cabo o princípio de Pareto, onde 80% das consequências advêm de 20% das causas, isto é, há muitos problemas sem importância diante de outros mais graves. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.



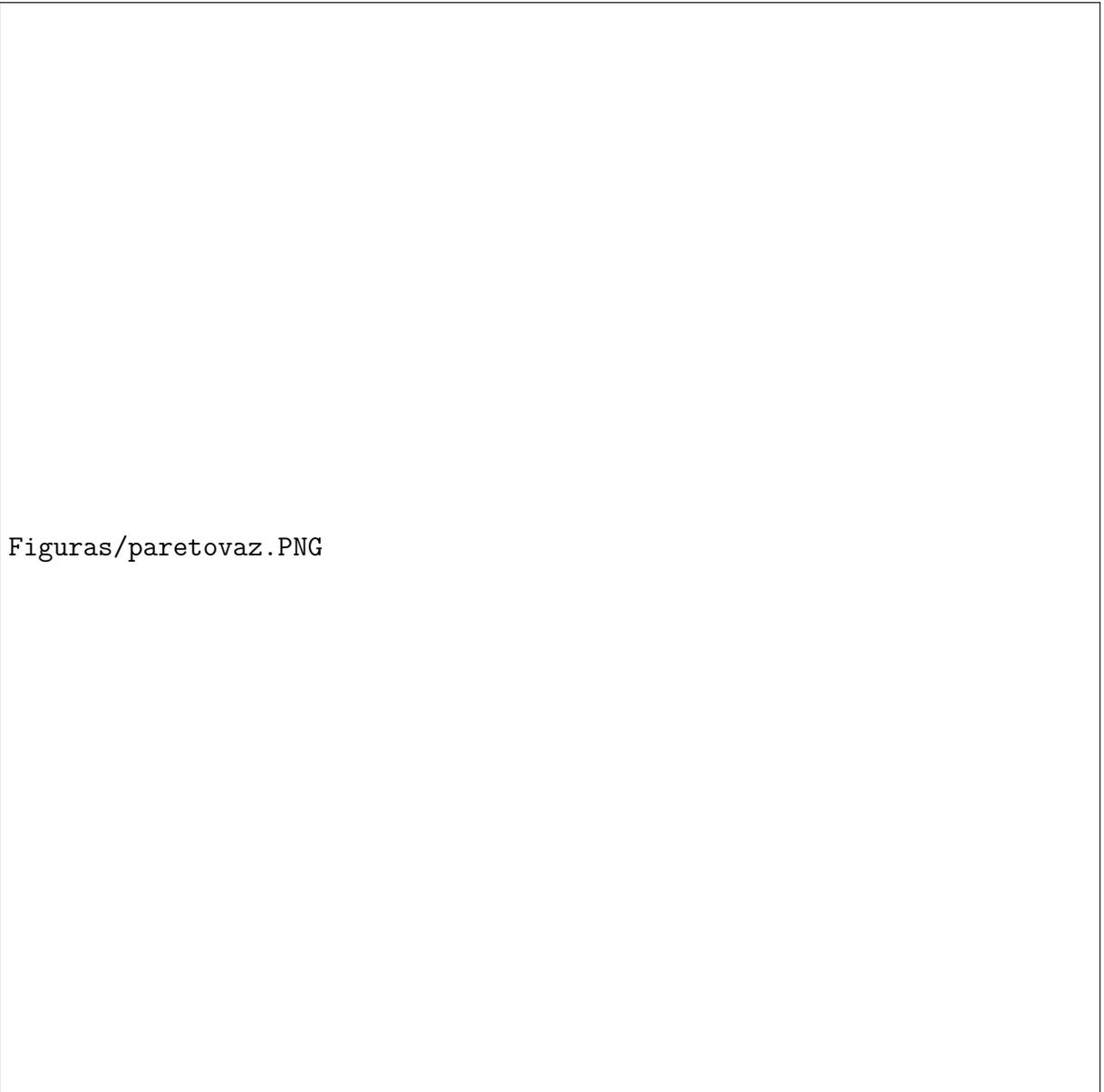
Figura 19 – Estratificação de riscos por gravidade na área de Armazenamento e descarrego de ácido bruto. (Fonte: Própria Autora)

Para cada problema, deve ser distribuído entre os responsáveis pelas áreas um kaizen, para solucionar os problemas. No caso do presente estágio, a área de Descarrego e Armazenamento de Ácido Bruto, que mostrou a maior concentração de riscos de vazamento, ficou sob responsabilidade da estagiária.

4.1.1 Requalificação do Armazenamento e Descarrego de Ácido Bruto

A área Descarrego e Armazenamento de Ácido Bruto é responsável pelo fornecimento de Ácido Sulfúrico 99,8% para o Preparo de Solução - por isso chamado de bruto, pois encontra-se em sua forma quase pura, sem diluentes.

O Ácido sulfúrico é um ácido mineral composto pelos elementos enxofre, oxigênio e hidrogênio com a fórmula molecular H_2SO_4 . Sua corrosividade pode ser atribuída principalmente à sua natureza de ácido forte e às suas propriedades de desidratação e oxida-



Figuras/paretovaz.PNG

Figura 20 – Pareto do Pilar de Vazamentos 2019. (Fonte: Própria Autora)

ção (KOTZ; TREICHEL; TOWNSEND, 2008). Desta forma, a presença de ácido sulfúrico sem contenção apresenta um risco muito grave à segurança e ao meio-ambiente.

O único elemento ativo que a Moura não possui produção própria é o Ácido Bruto. Sendo abastecida todos os dias através de caminhões, que param na área de descarrego de ácido bruto, onde é acoplado à rede de distribuição para abastecimento do sistema de ácido sulfúrico. Essa área possui o maior índice de vazamento de ácido bruto no piso, necessitando de um sistema de escoamento apropriado para essa aplicação. A planta baixa da área encontra-se na Figura 21.

Todo o ácido é armazenado em tanques com capacidade total de armazenamento de 300 toneladas. Todos os tanques localizam-se dentro de um dique de contenção com profundidade de aproximadamente 8,5 m.

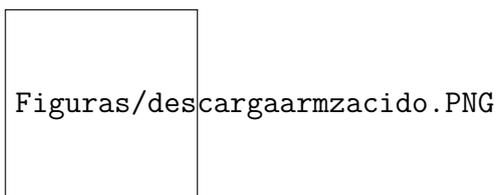


Figura 21 – Área de descarga e armazenamento de ácido bruto. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)

De acordo com gráfico da Figura 19, 63% dos riscos encontrados nessa região eram Graves ou Muito Graves. Reaplicando o princípio do Diagrama de Pareto, esses foram os que receberam atenção imediata.

Durante o a realização do Gemba na área, ficou aparente o avançado estado de corrosão da estrutura civil (Figura 22 (a)). O solo da área também apresentava características de contaminação, dada a ausência de vegetação e coloração (Figura 22 (b)).

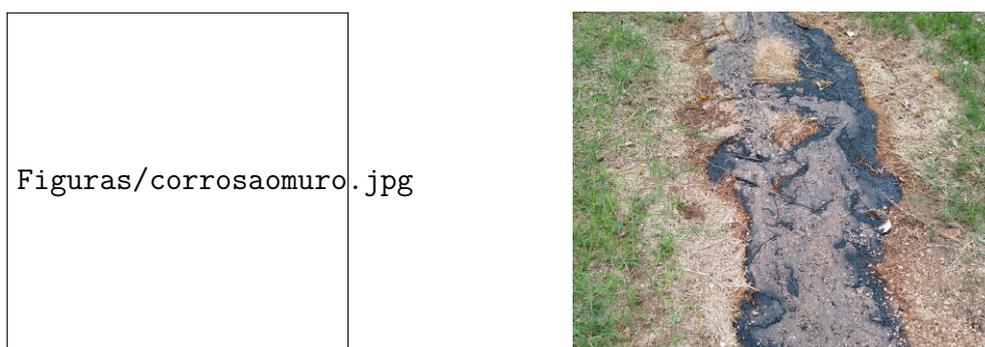


Figura 22 – (a) Estado avançado de corrosão do muro (b) Contaminação do solo.

O procedimento de descarrego acontecia por gravidade, sem auxílio de bombas, entretanto a entrada para o sistema de tubulação de armazenamento de ácido bruto encontra-se mais elevada que a saída dos caminhões (Figura 23), propiciando a entrada de bolsões de ar nas tubulações, aumentando a pressão interna dos tanques, dificultando a descarga do material e podendo ter retorno de ácido sulfúrico, comprometendo a segurança do colaborador - gerando a necessidade de instalação de uma tubulação de escape de ar (suspiro).

Foi observado que a implementação de um suspiro na tubulação que liga o descarrego

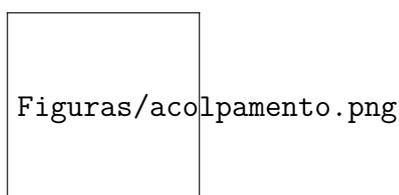


Figura 23 – Acoplamento do mangote do caminhão à tubulação de armazenamento de ácido sulfúrico.

ao armazenamento de ácido bruto estava gerando vazamento de grandes quantidades de ácido sulfúrico bruto nas canaletas de escoamento da área, que por sua vez estavam corroídas, sem capacidade de contenção e drenagem, ocasionando a infiltração de ácido na estrutura e no solo (Figura 24).



Figura 24 – (a) Suspiro da Tubulação de descarrego de ácido bruto (b) Derramamento de ácido bruto sem contenção adequada.

Uma análise do solo com uma fita de pH demonstrou uma elevada acidez (Figura 25), estando em 1,0. Apontando a grande taxa de contaminação da área.



Figura 25 – Teste de pH do solo.

Portanto, foi detectada como causa raiz de diversos problemas Graves e Muito graves a existência desse suspiro, bem como o avançado estado de corrosão das estruturas civis. Um plano de ação foi montado como forma de contenção. As ações foram:

1. Retirada do suspiro;
2. Mudança do sistema de descarrego de ácido bruto;
3. Revestimento das muretas de contenção.

Retirada do suspiro: Aliado à manutenção mecânica, foram substituídas as tubulações da área por novas de CPVC - material mais resistente à altas temperaturas e corrosão, dada que a presença de água em ácido sulfúrico gera uma reação fortemente



Figura 26 – Tubulação de drenagem de ácido sulfúrico deformada. (Fonte: Própria Autora)

exotérmica, aumentando significativamente a temperatura, causando deformações como as da Figura 26.

Mudança do sistema de descarrego de ácido bruto: O descarrego era feito por gravidade, o quê ocasionava a aparição de bolsões de ar nas tubulações. Era necessário implementar uma bomba capaz de realizar essa descarga.

Bombas elétricas podem causar centelhamento e causar explosões quando em contato com o gás hidrogênio liberado na reação de ácido sulfúrico com água no momento de lavagem dos pisos, após o descarrego. Para evitar o contato com esse tipo de risco, foi escolhida uma bomba pneumática da Figura 27.



Figura 27 – Sistema de Descarrego de Ácido Sulfúrico por Bomba Pneumática. (Fonte: Própria Autora)

A bomba pneumática plástica ou metálica de diafragma utiliza o ar comprimido como fonte de energia, e são indicadas para o bombeamento de produtos químicos e industriais de baixa à alta viscosidade, principalmente aqueles considerados manuseio

arriscado, seja devido à viscosidade, corrosividade, inflamabilidade, volatilidade e/ou abrasividade. A bomba pneumática plástica ou metálica de diafragma apresenta capacidade de aspiração (sucção negativa), não possui selos mecânicos ou vedações rotativas sujeitas a gotejamento ou desgaste prematuro, ou seja, não vaza, e não se danifica por operações a seco, uma vez que seus componentes internos não dependem do líquido bombeado para a sua refrigeração (VOLK, 2013).

Revestimento das muretas de contenção: Dado o avançado estado de corrosão, a mureta de contenção estava com elevado risco de colapso estrutural, portanto, foi feito o preenchimento com concreto nas estruturas comprometidas (Figura 28).



Figura 28 – Mureta de contenção com nova camada de concreto. (Fonte: Própria Autora)

Após as medidas de contenção serem feitas, foram eliminados aproximadamente 53% dos riscos graves e muito graves da área. Entretanto, se faz necessária uma reestruturação completa da área, com um maior grau de investimento.

Antes do fim do estágio, foi submetido ao comitê de investimentos da Moura uma Requisição de Projeto, que contemplava o orçamento de 100 mil reais para retirada de solo contaminado e revestimento adequado para toda a área, com capacidade para contenção do ácido sulfúrico na ocorrência de um sinistro nos tanques de armazenamento. Todas as especificações solicitadas ao projetista encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Especificações de Projeto Mecânico e Estrutural para a Área de Armazenamento e Descarrego de ácido sulfúrico. (Fonte: Própria Autora)

Item	Descrição
Desenvolvimento de projeto mecânico para alimentação adequada dos tanques do armazenamento de ácido bruto.	
1	Dimensionamento de tubulações e bombas para distribuição de ácido bruto.
2	Planilha Orçamentária para Instalação Mecânica.
3	Estudo preliminar para dimensionamento de novos novos suportes de tubulações.
4	Memorial de Cálculo.
5	Projeto Conceitual, Básico e Executivo de Descarrego Provisório de Ácido.
6	Planilha Orçamentária para Instalação Mecânica.
Projeto Estrutural do Descarrego de ácido e Dique de Contenção	
1	Serviço de Sondagem para reconhecimento do solo.
2	Análise e Caracterização do solo.
3	Especificação de tipo e preparo de concreto e estruturas físicas necessárias nas áreas do projeto.
4	Memorial Descritivo.
5	Levantamento topográfico da área
6	Projeto Hidrossanitário das áreas de descarrego de ácido e dique de contenção.
7	Projeto de drenagem das áreas de descarrego de ácido e dique de contenção.
8	Análise da integridade estrutural das bases dos tanques no dique de contenção.
9	Projeto de Cobertura do Dique de Contenção.
10	Entrega de Planilha Orçamentária.

4.2 Pilar de Qualidade Interna

O pilar de qualidade interna é uma parte do Pilar do WCM de Controle de Qualidade, cujo objetivo é garantir a excelência das baterias produzidas dentro da fábrica. Como atividade de desenvolvimento profissional, a estagiária tinha a tarefa de ser representante do pilar em Formação e Acabamento perante à Gerência Industrial.

As atividades consistiam em dar os relatórios nas reunião do andamento dos projetos de melhoria focada, justificativas no caso de não-conformidade, criação de medidas de contenção e tratativas de anomalias.

4.2.1 Estudo de Anomalia: Baterias com Água Pluvial

Como parte das atividades executadas no Pilar de Qualidade Interna, é necessário compreender a capacidade de detecção de falhas no processo nos testes do acabamento. Para que nenhuma bateria fora das especificações corretas passem para o mercado.

Durante a época de chuvas, houve uma anomalia detectada pelos operadores das

seções de Formação. As baterias cruas, quando saem da montagem, ficam em paletes em áreas expostas antes de entrarem para as seções, Sendo assim, quando as mesmas eram transportadas para a MEN (Máquina de encher e nivelar), alguns operadores notaram que estavam mais pesadas que o normal. Após a inspeção visual, observou-se que algumas células estavam com água.

A presença de água dentro da bateria crua reduz a densidade de formação e encharca as placas. Esse tipo de problema afeta diretamente a vida útil da bateria e não há como se detectar esse problema se as placas já houverem absorvido toda a água que caiu dentro da célula durante o período de chuva.

Dessa forma, durante as reuniões do Pilar de Qualidade Interna, foi atribuída a tarefa de descobrir se os testes do acabamento (TAD e Inspeção Visual) conseguem detectar as baterias que passaram pelo processo de formação com água e caso não consigam, se algum teste presente na Moura conseguiria.

Na linha de acabamento apenas dois testes poderiam possivelmente detectar baterias com uma célula ou mais que passaram pelo processo de formação com densidades de eletrólito mais baixas: o TAD (Teste de Auto-Descarga) e o teste de Inspeção visual no início da linha.

O TAD é uma máquina que mede a tensão de circuito aberto (TCA) - de aproximadamente 13 V - e a tensão de circuito fechado (TCF) - de aproximadamente 8 V. Como discutido anteriormente, a densidade é intrinsecamente relacionada à tensão final da bateria, se houve uma grande alteração na densidade (adição de água) é esperado que o teste identifique.

Logo, foi montado o seguinte esquema de testes: foram separadas 17 baterias, onde 16 foram adulteradas e 1 ficou de controle, de acordo com o esquema de enchimento com água pluvial demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Setup de testes de baterias com água pluvial. (Fonte: Própria Autora)

Teste	Bateria	Qtd. De Água (ml)	Elemento		Tempo de Absorção (min)	Retirado o Excesso	Identificado na Entrada	
			Qtd.	ID.				
1	M60GD	200	1	2	30	-	-	
2	M60GD	200	1	2	30	-	-	
3	M60GD	500	1	2	30	Sim	-	
4	M60GD	500	1	2	30	Sim	-	
5	M60GD	200	6	N/A	30	-	-	
6	M60GD	200	6	N/A	30	-	Sim	
7	M60GD	500	6	N/A	30	-	Sim	
8	M60GD	500	6	N/A	30	-	Sim	
9	M60GD	200	1	2	120	Sim	-	
10	M60GD	200	1	2	120	Sim	-	
11	M60GD	500	1	2	120	-	-	
12	M60GD	500	1	2	120	-	Sim	
13	M60GD	200	6	N/A	120	-	-	
14	M60GD	200	6	N/A	120	-	-	
15	M60GD	500	6	N/A	120	Sim	-	
16	M60GD	500	6	N/A	120	Sim	-	
17	M60GD	BATERIA DE CONTROLE						N/A

Houveram dois tipos de adulteração com água de chuva: Em todos os seis elementos ou apenas no segundo. No momento do enchimento, foram variadas as quantidades de água e alguns elementos tiveram o excesso retirado após o tempo de absorção.

Depois disso as baterias entraram na seção de formação normalmente e seguiram o fluxo produtivo. Após o tempo de carga - aproximadamente 18 horas -, nos bancos de formação foram medidas as densidades e tensões nos elementos adulterados, que em seguida entraram no acabamento e passaram pelo TAD. Como medida preventiva, foi estudado se após um período de 48 horas as baterias sofreram alterações em suas tensões de circuito aberto e fechado, então foram passadas novamente no TAD. Os resultados estão na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultado de Teste de Auto-Descarga. (Fonte: Própria Autora)

Teste	Bateria	Após Formação		TAD		TAD - Após Quarentena	
		Densidade [kg/cm^3]	TCA [V]	TCF [V]	TCA [V]	TCF [V]	TCA [V]
1	M60GD	1200	15,58	8,00	12,66	8,10	12,71
2	M60GD	1260	12,62	7,95	12,67	8,01	12,74
3	M60GD	1200	12,57	8,00	12,69	8,12	12,70
4	M60GD	1200	12,60	7,98	12,67	7,98	12,73
5	M60GD	1200	12,34	0,00	12,64	0,00	12,50
6	M60GD	1200	12,32	0,00	12,48	0,00	12,49
7	M60GD	1160	12,05	0,00	12,24	0,00	12,27
8	M60GD	1140	12,05	0,00	12,30	0,00	12,31
9	M60GD	1210	12,57	7,92	12,64	8,11	12,69
10	M60GD	1200	12,56	8,07	12,64	8,12	12,69
11	M60GD	1240	12,50	8,29	12,57	8,09	12,63
12	M60GD	1160	12,49	7,98	12,58	8,10	12,63
13	M60GD	1220	12,31	0,00	12,44	0,00	12,47
14	M60GD	1200	12,32	0,00	12,46	0,00	12,49
15	M60GD	1180	12,28	0,00	12,44	0,00	12,48
16	M60GD	1290	12,27	0,00	12,41	0,00	12,48
17	M60GD	1260	12,61	8,06	12,68	-	-

O TAD reprova baterias que estejam no teste de circuito aberto fora da faixa entre 12,55 V e 13,10 V.

Com base nas análises feitas, é possível inferir que:

1. 25% das baterias foram identificadas na entrada pelo o operador, entretanto, destas, todas possuíam alterações mais perceptíveis, seja em todos os elementos ou uma grande quantidade de água apenas no segundo;
2. Apenas baterias com água pluvial em todos os elementos foram reprovadas no TAD, gerando uma taxa de aprovação de baterias adulteradas de 50%;
3. As tensões não sofreram grandes alterações após a quarentena, mostrando que o processo de formação de fato foi efetivo para as baterias que foram aprovadas pelo

TAD.

Em seguida, das 8 baterias aprovadas nos testes do acabamento, metade foram enviadas para o laboratório químico e a outra metade para o laboratório físico.

No laboratório químico foi feito o teste de porcentagem de PbO_2 nas placas. Na Tabela 2, nota-se que no processo de aplicar carga na bateria o chumbo e a água reagem para criação de PbO_2 . Sendo assim, esse teste determina quão bem sucedida foi a etapa de formação da bateria

Já no laboratório físico foi feito o teste de C20, que é a capacidade de descarga, medida em ampères-hora. Consiste na corrente que a bateria consegue fornecer a 27°C e durante 20 horas, sem que a tensão entre os polos caia abaixo de 10,5 volts. O valor da capacidade é dado pelo produto do valor da corrente de descarga aplicada (1/20 de C20), pelo tempo em horas, até a bateria atingir a tensão de 10,5 volts.

Por exemplo, a bateria M60GD possui 60 Ah, isso significa que ela pode ceder uma corrente 60 Ampères durante 1 hora, ou 3 Ampères durante 20 horas. Ao submetê-la a essa descarga, podemos determinar a capacidade nominal da bateria.

Os resultados estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultado de Teste de PbO_2 e C20. (Fonte: Própria Autora)

Teste	Bateria	Após Formação		TAD		TAD - Após Quarentena		PbO2	C20
		Densidade [kg/cm^3]	TCA [V]	TCF [V]	TCA [V]	TCF [V]	TCA [V]		
1	M60GD	1200	15,58	8,00	12,66	8,10	12,71	89%	-
2	M60GD	1260	12,62	7,95	12,67	8,01	12,74	88%	-
3	M60GD	1200	12,57	8,00	12,69	8,12	12,70	90%	-
4	M60GD	1200	12,60	7,98	12,67	7,98	12,73	89%	-
9	M60GD	1210	12,57	7,92	12,64	8,11	12,69	-	56.98
10	M60GD	1200	12,56	8,07	12,64	8,12	12,69	-	55.01
11	M60GD	1240	12,50	8,29	12,57	8,09	12,63	-	50.17
12	M60GD	1160	12,49	7,98	12,58	8,10	12,63	-	48.16

Desta forma, após a análise desses dados (Tabela 7) conclui-se que:

1. Dado que o valor mínimo de PbO_2 é de 80%, todas as baterias atenderam os critérios desse teste Sendo assim, esse teste não serve como detector de anomalia de célula com água pluvial;
2. A valor mínimo tolerado para uma bateria da linha de 60 Ah é de 57 Ah, gerando uma taxa de 100% de reprovação. Sendo assim, observa-se que o teste de C20 é o único capaz de detectar a anomalia de célula com água pluvial.

A partir dos resultados desse teste, o Controle de Qualidade determinou que apenas o teste de C20 deve ser utilizado na suspeita de contaminação de baterias por água pluvial no caso de retorno desta pela garantia.

As baterias que retornam através da garantia são aquela que apresentaram defeito no automóvel antes de término de seu tempo de garantia - 18 meses para M60GD. Quando o cliente tem um problema dentro desse prazo, ele tem direito a uma bateria nova e a defeituosa retorna à fábrica para estudo. Esse número de retorno de baterias pela garantia é o principal indicador de qualidade.

Esse estudo foi fundamental para ampliar o processo de detecção de anomalias dentro da fábrica e verificar a ineficiência do TAD para o presente problema, potencialmente reduzindo o retorno de garantia por esse modo de falha.

4.2.2 Estudo de Anomalia: Baterias Manchadas após o processo de formação

O processo de formação é responsável por carregar eletricamente as baterias e polarizar seus terminais. Esse processo é exotérmico devido ao Efeito Joule em conjunto com a reação química da formação de baterias de Chumbo-Ácido. Portanto, para coibir o aumento de temperatura nos bancos de formação, se faz necessário um sistema de circulação de água ou ar, utilizando torres de resfriamento, como mostrado no esquema da Figura 29.

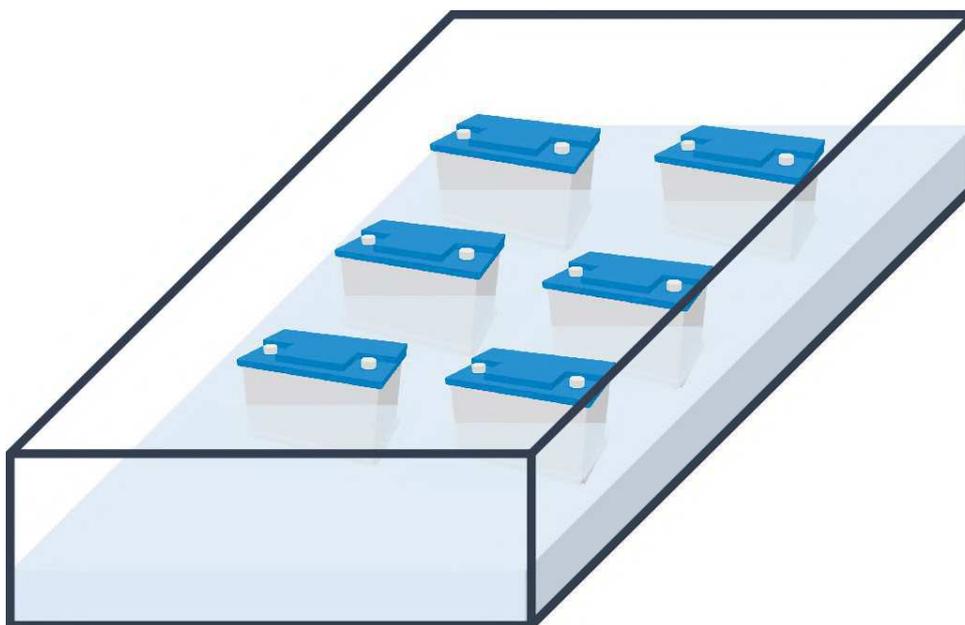


Figura 29 – Ilustração de um banco de formação após a adição de água.(Fonte: Própria Autora)

Após o processo de formação com resfriamento a água, é notória uma faixa esbranquiçada ao redor das baterias. Essa mancha costuma acontecer na altura na qual ocorre variação do nível de água nos bancos e possui três características principais: são variantes, acontecem em todos os bancos e pode reincidir - mesmo após a limpeza, a mancha pode voltar, como exemplificado na Figura 30.

A água encontrada na natureza nunca é pura, apresentando uma vasta gama de substâncias dissolvidas. Muitas destas substâncias são sais, óxidos e hidróxidos e



Figura 30 – Baterias manchadas após o processo de formação. (Fonte: Própria Autora.)

apresentam solubilidades diferentes, sendo influenciadas basicamente pela temperatura, concentração e pH. Com a evaporação da água em um sistema de resfriamento, há um aumento na concentração das substâncias dissolvidas que, muitas vezes, podem se precipitar de forma aderente nas superfícies das baterias, que é uma região de elevada troca térmica, constituindo as incrustações.

De acordo com (STANFORD, 2017), os principais responsáveis pela formação de incrustações inorgânicas em sistemas de resfriamento são:

- Sais de cálcio e magnésio (dureza), principalmente o carbonato de cálcio e o sulfato de cálcio. Dependendo do controle do tratamento, fosfato de cálcio pode também se formar. A ocorrência de hidróxido de magnésio também é comum;
- Sílica solúvel e silicatos de vários cátions. A sílica solúvel é oriunda da dissolução de parte da própria areia e rochas com as quais a água mantém contato;
- Óxidos de ferro de outros metais, originado principalmente de processos corrosivos.

Baterias manchadas possuem um impacto muito negativo na imagem da Moura caso cheguem aos clientes. Apesar de não influenciar na performance, diminui a credibilidade na execução do processo da marca. Não obstante, aliado ao ônus do consumidor final, também se faz necessário um posto de trabalho a mais em cada turno das linhas de acabamento apenas para execução da limpeza das baterias.

A Moura recebeu reclamações formais de diversos depósitos pela alta taxa de baterias manchadas sendo devolvidas (Figura 31).

A região que a Moura tem a fábrica instalada não possui uma boa disponibilidade de fontes de abastecimento, sendo necessário recorrer à fontes com alta taxa de sólidos



Figura 31 – Número de reclamações formais de depósitos.(Fonte: Acumuladores Moura S.A.)

em suspensão, como pode ser observado pela coloração da amostra de água da "Barragem Velha"na Figura 32.



Figura 32 – Amostra de água bruta. (Fonte: Acumuladores Moura S.A.)

Esse tipo de água gera manchas de coloração marrom e base esbranquiçada (Figura 33).



Figura 33 – Bateria Manchada por Sólidos em Suspensão

Ao ser feita uma análise mais minuciosa da água recebida para resfriamento

notou-se a presença de diversos elementos químicos capazes de gerar todas os compostos supracitados. A presença de Ferro, Cálcio, Magnésio, Sílica e dureza total elevada - propriedade relacionada com a concentração de íons - demonstram que as manchas estavam sendo causadas pela presença desses sólidos dissolvidos.

Além de todos os elementos supracitados, a existência do processo de correção de pH das torres aumenta consideravelmente a presença de sais. A necessidade dessa correção se dá pelo fato de que o pH da água dos bancos de formação tende a ficar gradualmente ácido devido às características do processo. Para manter a neutralidade no pH da água, se faz necessário o ajuste com soda caustica. Se essa dosagem é feita de forma exacerbada, temos uma precipitação elevadíssima de sais que causam a anomalia mais danosa pela abrangência de seus impactos.

Pode-se observar os danos através da quantidade de bancos afetados (Figura 34 (a)) e a extensão do material depositado na lateral das bateria, gerando uma camada espessa e esbranquiçada que cobre toda a parte que ficou submersa da bateria (Figura 34(b)).

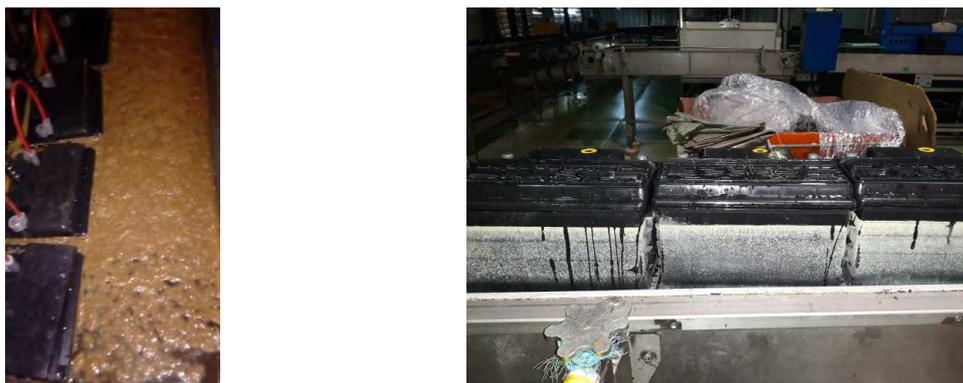


Figura 34 – (a) Banco de formação após a utilização de água alcalina para resfriamento (b) Bateria manchadas devido ao resfriamento com água alcalina. (Fonte: Própria Autora)

Concomitante a esse processo de passar água com impurezas no sistema de resfriamento, estas passaram a se depositar em todo o banco de formação, acumulando uma grande quantidade de material no fundo e nas laterais, como mostrado na Figura 35.

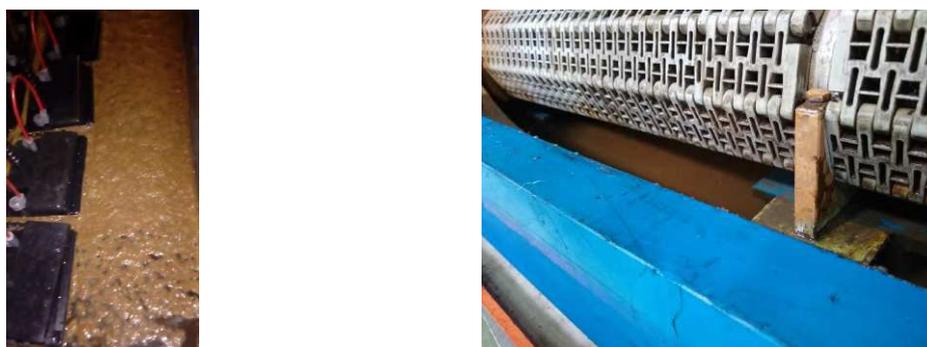


Figura 35 – Bancos Sujos nas Seções de Formação. (Fonte: Própria Autora)

Aplicando a metodologia de 5G , pode-se ter uma visão geral do problema, como ilustrado na Figura 36.



Figura 36 – 5G de Baterias Manchas. (Fonte: Própria Autora)

Assim, pode-se elencar as três causas raízes desse problema: sistema de resfriamento sem tratamento de água, correção do pH manual e bancos de formação sujos.

Ainda seguindo a metodologia de Kaizen, foi elaborado um extenso plano de ação, descrito na Tabela 8, para criação de um sistema de tratamento de água capaz de retirar a maior parte dos sólidos dissolvidos da água, padronização da qualidade da água que entra nas torres de resfriamento e reações na ocorrências de não-conformidades.

Tabela 8 – Plano de Ação do Tratamento de Anomalia

Ação	Onde?	Como?
Redirecionar a utilização da lagoa 2 para abastecimento das torres e das MLS's	Lagoa 01 e Lagoa 02	Redirecionar utilização da Lagoa 01 para DMZ, Tanque Industrial e Nascente
Tratar da Água de Entrada da Osmose	Osmose	Troca da areia dos filtros, Reposição do filtro bag e Padronização
Instalar das Tubulações Novas	UGB Águas	Implementar as novas tubulações do sistema
Disponibilização em estoque dos materiais de limpeza da osmose	Almoxerifado	Solicitação de estoque para os materiais, evitando tempo de espera para aquisição de substâncias essenciais para o bom funcionamento da osmose e dos filtros
Padronização dos Procedimentos e Qualidade	N/A	Cadastro das diretrizes de bom funcionamento da osmose e do sistema de tratamento de água das torres
Restauração das Condições Básicas de Funcionamento dos Filtros de Carvão e Areia	Filtros de Areia e Carvão	Substituição com carvão e areia novos
Treinamento da Produção para o novo sistema	UGB Águas	Após a padronização, treinar a produção para manuseio e manutenção correta do sistema
Temporização da Bomba Dosadora de Soda	UGB Águas	Permitir a dosagem de soda em apenas curtos intervalos de tempo
Abastecimento de água bruta de melhor qualidade	Lagoa 01 e Lagoa 02	Trazer água de caminhão pipa de outras fontes mais límpidas
Temporização da Bomba Dosadora de Soda	Osmose	Contrato com a empresa ARGAL de produtos químicos para dosar desincrustantes na Osmose Reversa
Bomba dosadora automática para limpeza da osmose	Osmose	Aumento da vida útil das membranas através de limpezas químicas programadas
Implementação de um sistema de abastecimento das torres com água potável da ETA	UGB Águas	Redirecionamento de parte da água tratada pela ETA para as Torres Alpinas
Limpeza dos Bancos das Seções 07 e 08	Bancos de Formação	Limpeza com jateamento e sucção dos bancos de formação
Troca das Membranas das Osmose	Osmose	Ao fim da vida útil das membranas, é necessária a troca por novas para restabelecer a produtividade

A primeira parte do projeto consistiu no dimensionamento de um sistema de tratamento de água para as torres alpinas utilizando apenas peças e equipamentos já existentes na fábrica.

Para evitar um projeto de alto custo na fase inicial do tratamento da anomalia, foram aproveitados maquinários e materiais que não estavam sendo utilizados, tais como: filtros de areia e carvão, tubulações e uma osmose reversa.

A Osmose Reversa é uma técnica de desmineralização baseada em membranas para separar sólidos dissolvidos, como íons, de soluções aquosas. Ela é o único método de filtração capaz de retirar impurezas no nível molecular (KUCERA, 2011). A água permeada pelas membranas da osmose reversa possui uma ótima qualidade (Figura 37).



Figura 37 – Qualidade da água permeada pela osmose reversa. (Fonte: Própria Autora)

Para resfriamento das baterias nos bancos de formação, utiliza-se cerca de 500 m³ de água em um circuito fechado (bancos/torres). Diariamente cerca de 90 m³ de água são perdidos por evaporação, fazendo-se necessário a reposição hídrica diária.

A Osmose Reversa utilizada no projeto estava parada e com seu funcionamento comprometido. Após estudo, foi realizada uma limpeza química que conseguiu reestabelecer o seu funcionamento. Entretanto, após os danos que o maquinário sofreu, sua capacidade de abastecimento estava em média 18 m³ de água permeada - aquém dos 90 m³ necessários.

Desta forma, foi instalado um segundo sistema de tratamento, sem o mesmo nível de eficácia da osmose, mas ainda assim superior em qualidade se comparado ao abastecimento com água bruta: Dois filtros de areia e carvão em série (Figura 38).

O Carvão Ativado é um material poroso de origem natural e um poderoso adsorvente e usado para filtração e purificação de vários materiais como água e outros líquidos. Devido às suas qualidades de adsorção das moléculas poluentes estas se concentram sobre a superfície do carvão ativado e são removidas. São utilizados em processos de filtração em



Figura 38 – Filtros de Areia e Carvão instalados. (Fonte: Própria Autora)

que se deseja purificar, descolorir, recuperar e remover odores. Já a areia é eficiente na retenção de partículas como o limo, lodo, grãos de areia, resíduos de encanamento e outras impurezas em suspensão na água.

Ainda como uma terceira etapa de tratamento, parte da água tratada pela Estação de Afluentes - utilizada para alimentar banheiros, pias e uso geral - foi destinada às torres de resfriamento, assim, no caso de uma não-conformidade, o sistema dispõe de uma resposta rápida com água já tratada.

Então o sistema de alimentação das torres projetado pela estagiária possui o esquema geral descrito na Figura 39:

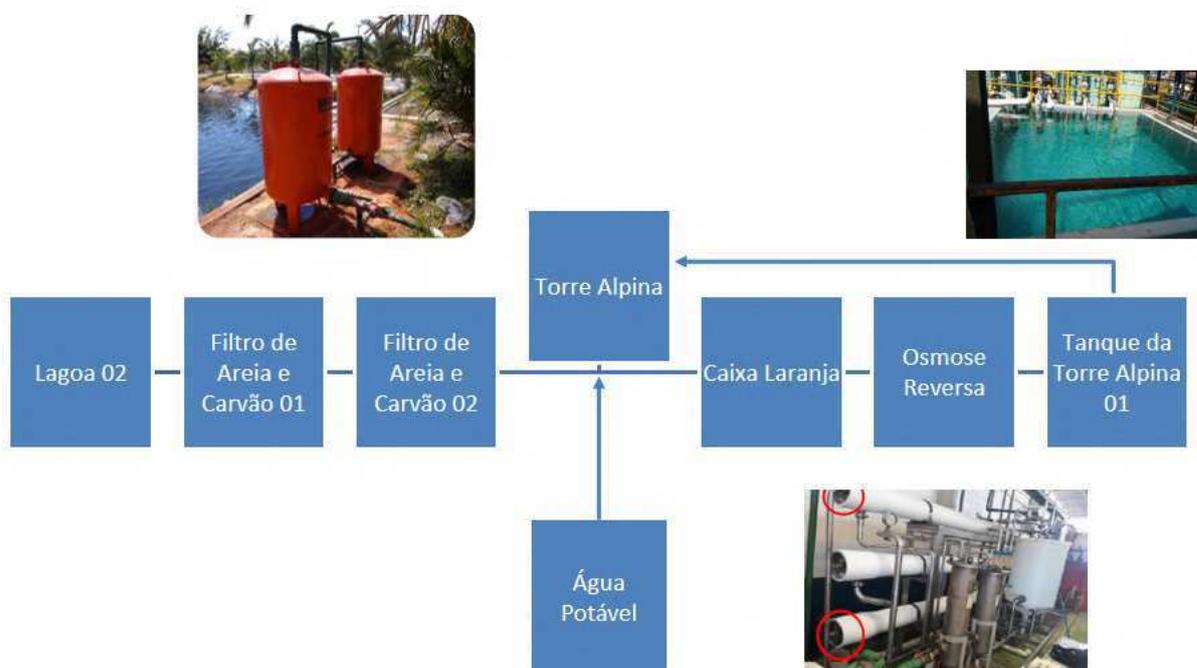


Figura 39 – Sistema de Tratamento de Água das Torres de Resfriamento. (Fonte: Própria Autora)

Após a instalação do sistema de tratamento de água, foi elaborada uma AFQ, documento de Qualidade da fábrica determinando o padrão de água de alimentação das

torres alpinas, sendo controlado pelos seguintes parâmetros: pH, Condutividade e Aspectos visual.

O pH corresponde ao potencial hidrogeniônico de uma solução. Ele é determinado pela concentração de íons de hidrogênio e serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução. Para as Torres Alpinas, percebeu-se que um pH maior que 7 aumenta exponencialmente a precipitação de sais e um pH menor que 5 deixa o exterior da bateria muito ácido, corroendo plásticos e certificados.

A capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica é denominada condutividade e depende da concentração dos íons presentes na solução: cátions e ânions. Desta forma, quanto mais sais estiverem contidos na água, maior sua condutividade. Ao longo do mês, devido aos processos de evaporação na torre de resfriamento, a água fica progressivamente mais condutiva, sendo também necessária uma troca total de água das torres para manter a qualidade da água do sistema.

O Aspecto Visual diz respeito a análise visual da água segundo os seguintes aspectos: coloração, turbidez e presença de sólidos em suspensão.

Percebeu-se a necessidade de determinar os padrões de qualidade para duas etapas distintas do processo. Um padrão para água de abastecimento encontrada na caixa laranja (Figura 40) e outro para a água que está circulando na torre de resfriamento (Figura 41), uma vez que pelos processos supracitados, temos um aumento de condutividade e diminuição de pH esperados.

MOURA		AFQ 6711		Folha de Qualidade				Edição: 02 - dez/2019	
Setor: UGB Águas		Posto: Caixa Laranja		Operação: Abastecimento das Caixa Laranja				Símbolos:	
Símbolo	Seq. #	Verificação/ Medição	Respons.	Amostrag	Frequ.	Padrão	Registro	Reação em caso de não-conformidade* ATENÇÃO: Desligar a máquina antes de qualquer atuação	
	1	Condutividade da água na caixa Laranja	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Máx. 500 microS/cm	UGF 6751	- Condutividade acima do especificado: Não utilização da água. (1)	
	2	pH da água na caixa laranja	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Entre 6,0 e 7,0.	UGF 6751	- pH acima do especificado: Não utilização da água. (1) - pH abaixo do especificado: Adicionar soda cáustica até neutralização do pH. (2)	
	3	Aspecto Visual da água na caixa laranja	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Água cristalina sem sólidos em suspensão visíveis	UGF 6751	- Água turva: Reprocessar a água e Retrolivar os filtros de areia e carvão por 15 minutos. (2)	
(1) Comunicar imediatamente ao Líder de Manufatura (2) Caso o problema persista comunicar ao Líder de Manufatura									
IMPLANT. A	DISTRIBUIÇÃO 35 / 40 / 55 / 67		NOTAS		Eng. De Processo Bruno Sobel		Contr. de Qualidade José Lins		Chefe do Setor Natália Freitas

Figura 40 – AFQ para a água de alimentação das Torres. (Fonte: Própria Autora)

Para eliminar o problema de excesso de dosagem de soda, foi instalada uma bomba

MOURA		AFQ 6712		Folha de Qualidade			Edição: 02 - dez/2019	
Setor:		Posto:		Operação:			Símbolos:	
UGB Águas		Torres Alpinas		Tanque das Torres Alpinas			Segurança do Operador Verificação da Qualidade Especial de Segurança do Cliente ou Regulamentação Especial de Qualidade do Cliente Significativa do Cliente Alto Impacto em Qualidade Interna Fonte de Contaminação	
Símbolo	Seq. #	Verificação/ Medição	Respons.	Amostrag.	Frequ.	Padrão	Registro	Reação em caso de não-conformidade* ATENÇÃO: Desligar a máquina antes de qualquer atuação
◆	1	Condutividade da Água das torres alpinas	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Máx. 3000 microS/cm	UGF 6752	- Condutividade acima do especificado: Drenagem da água e, em seguida, abastecer novamente com água tratada, proveniente da Osmose Reversa e/ou Filtros de Areia e Carvão. (1)
Ⓜ	2	pH da água das torres alpinas	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Entre 5,0 e 7,0	UGF 6752	- pH acima do especificado: Drenagem da água e, em seguida, abastecer novamente com água tratada. Para pH superior a 10, agendar troca de água das torres para o dia de parada mais próximo (1) - pH abaixo do especificado: Adicionar soda cáustica até neutralização do pH, respeitando os limites do padrão. (2)
◆	3	Aspecto Visual da água nas torres alpinas	Operador	1 vez	duas vezes por turno	Água cristalina, sem sólidos em suspensão visíveis	UGF 6752	- Água turva: Troca de água das torres. (1)
								(1) Comunicar imediatamente ao Líder de Manufatura
								(2) Caso o problema persista comunicar ao Líder de Manufatura
IMPLANT.	DISTRIBUIÇÃO		NOTAS			Eng. De Processo	Contr. de Qualidade	Chefe do Setor
A	35 / 40 / 55 / 67					Bruno Sobel	José Lins	Natalia Freitas

Figura 41 – AFQ para as Torres de Resfriamento. (Fonte: Própria Autora)

dosadora e um sistema de temporização (Figura 42). A bomba escolhida possui 60 W de potência, dado que o desejado é uma dosagem de soda cáustica lenta, que não desencadeie uma reação acelerada de formação de sais, se misturando de forma lenta a água.

A temporização dela foi programada da seguinte forma: no acionamento do equipamento pela produção, ocorre uma dosagem lenta de soda cáustica por duas horas, que é o suficiente para elevar o pH forma gradual e controlada. Após esse tempo a bomba se desliga sozinha. Desta forma, não tem como ter falha operacional de sobredosagem.



Figura 42 – Bomba dosadora de soda temporizada. (Fonte: Própria Autora)

Por último, foi elaborado um cronograma de limpeza dos bancos de formação, totalizando 62 bancos. Para não haver problemas com a produtividade, apenas um banco era limpo por seção ao dia. Durante a limpeza, foi constatado que o acúmulo de impurezas era maior que o previsto, reforçando a necessidade de realização desse cronograma anualmente. Os resultados da Figura 43, quando comparados àqueles da Figura 35, foram satisfatórios, levando à replicação do procedimento para as demais unidades da fábrica.

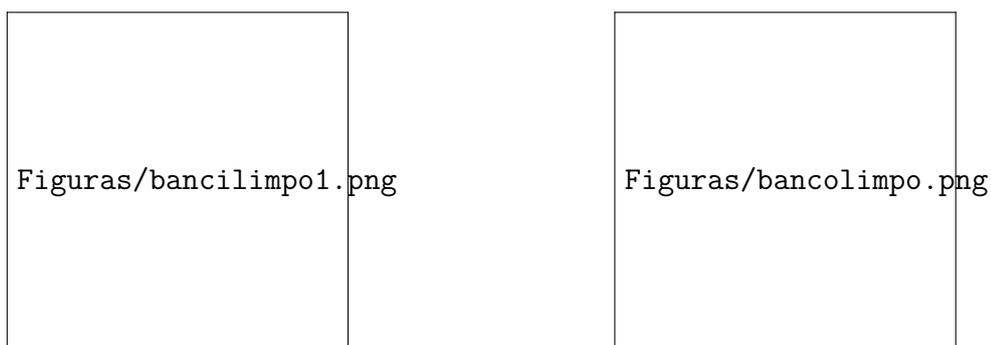


Figura 43 – Bancos após cronograma de limpeza. (Fonte: Própria Autora)

Após a implementação de todas as ações, as baterias reduziram em 98% a taxa de incidência de incrustações (Figura 44), com expectativa de chegar aos 100% após o fim do cronograma de limpeza dos bancos e aquisição das membranas novas para a osmose reversa, que irão aumentar sua produtividade e possibilitar uma alimentação exclusiva das torres com água permeada.

Os ganhos do projeto entraram em dois aspectos: moral e financeiro. O ganho moral é aquele que mantém o nome da empresa bem quisto pelos clientes e é incomensurável. O ganho financeiro foi com a redução de 15 postos de trabalho em seis meses, já que não será mais necessário limpar baterias no acabamento. O ganho financeiro esperado para 2020 com esse projeto é de R\$ 390 mil reais.



Figura 44 – Baterias limpas ao fim do projeto. (Fonte: Própria Autora)

5 Conclusões

A oportunidade de a aluna poder estar imersa no mercado de trabalho de forma integral e exclusiva gerou um amadurecimento profissional incomensurável. A experiência de lidar com pessoas de todas as formações, hierarquias e perfis foi capaz de gerar o aprendizado de *soft skills* que não são possíveis serem ensinadas em sala de aula.

O estágio possibilitou a implementação de projetos grandes, com aval da gerência industrial, mostrando o grau de confiabilidade e liberdade dada pela empresa a aluna para realizar estudos, expressar conclusões e executar projetos, sendo fundamental para a aquisição do senso de responsabilidade e auto-liderança. Haviam prazos e pessoas que precisavam ser atendidos e muitas outras atividades de gerência que podem ser subentendidas através das ações implementadas, uma vez que por trás de cada etapa do processo, há pessoas envolvidas em executá-las, entendê-las e aceitá-las.

O *feedback* orientado dado a aluna no fim do estágio teve o resultado de geral de "Supera Expectativas", demonstrando a eficácia do programa para a aluna e para a empresa, comprovado nos resultados fornecidos.

Referências

- JUNG JOEY; ZHANG, J. Z. L. *Lead-acid battery technologies : fundamentals, materials, and applications*. CRC Press, 2015. (Electrochemical energy storage and conversion (CRC Press)). ISBN 978-1-4665-9223-0,1466592230. Disponível em: <<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=A124471A9329F581CA0921633C36D84F>>.
- KOTZ, J.; TREICHEL, P.; TOWNSEND, J. *Chemistry and Chemical Reactivity*. Cengage Learning, 2008. ISBN 9780495387114. Disponível em: <<https://books.google.pt/books?id=a9emw3FvCrAC>>.
- KUCERA, J. *Reverse Osmosis: Design, Processes, and Applications for Engineers*. Wiley, 2011. (Wiley-Scrivener). ISBN 9781118211441. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=W5DsMx8MmbIC>>.
- PAVLOV, D. *Lead-acid batteries: Science and technology - A handbook of lead-acid battery technology and its influence on the product*. [S.l.: s.n.], 2017. 1-707 p. ISBN 9780444595522.
- SCHONBERGER, R. *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. Free Press, 1986. ISBN 9780029292709. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=lidPAAAAMAAJ>>.
- STANFORD, H. W. *HVAC water chillers and cooling towers: fundamentals, application, and operation*. [S.l.]: CRC Press/Taylor Francis Group, 2017.
- VOLK, M. *Pump Characteristics and Applications, Third Edition*. Taylor & Francis, 2013. (Mechanical Engineering). ISBN 9781466563087. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=4cKnAAAAQBAJ>>.