



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RENAN ACCIOLY PIMENTEL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2014

RENAN ACCIOLY PIMENTEL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

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

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador:

George Acioli Junior, M. Sc..

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2014

RENAN ACCIOLY PIMENTEL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

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

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Acioli Junior, D. Sc..
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

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

AGRADECIMENTOS

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

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

Agradeço também a meus amigos, namorada, por todo auxílio que me foi dado, especialmente nas dificuldades, que só vieram a acrescentar para que cada dia eu me torne uma pessoa melhor.

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

E por último, gostaria de agradecer a Baterias Moura com todos os seus colaboradores, e em especial Eduardo Pontes, Almir, Elias, Hiago e Marcondes, por ter me dado a oportunidade e o suporte além da confiança que me foi depositada para a realização de atividades de estágio.

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

Provérbio Chinês.

RESUMO

O presente relatório é referente ao estágio integrado realizado entre os dias 14 de outubro de 2013 e 4 de junho de 2014 na empresa Acumuladores Moura S/A, situada na cidade de Belo Jardim-PE. Durante esses sete meses, o estágio foi realizado no setor Engenharia de Processos, onde foram desenvolvidas várias atividades, destacando-se basicamente duas: Parametrização do Processo de Solda Intercell e Melhoria no Visual de Qualidade da Solda Intercell da Linha 13 de Produção. O primeiro projeto visa a realização de um estudo para determinar parâmetros elétricos suficientes para determinar a qualidade da solda sem a necessidade de inspeção destrutiva, especialmente corrente e potência elétrica. O segundo tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto capaz de diminuir o índice de reprovação por visual de qualidade da linha 13 de produção, visando a melhoria dos produtos da empresa. Além disso, a Acumuladores Moura proporciona vários cursos em diversas áreas, como gerenciamento de projetos, programa 5S, curso de oratória. O estágio pôde mostrar como é estar no ambiente de uma empresa de médio porte, estar em contato com pessoas de diversas nacionalidades e, acima de tudo, pensar e agir como engenheiro, seja para a resolução de problemas ou na idealização de novos projetos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bateria Automotiva Moura (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	1
Figura 2: Baterias Tracionárias Moura (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	2
Figura 3: Baterias Estacionárias Moura Clean (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	2
Figura 4: Bateria Náutica Moura Boat (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	2
Figura 5: Acumuladores Moura S/A Matriz (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	3
Figura 6: Fábrica Itapetininga (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	4
Figura 7: Escritório Central (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	4
Figura 8: Processo de solda por resistência (ZHANG, 2006).....	7
Figura 9: Resistências encontradas no processo (ZHANG, 2006).....	8
Figura 10: Variação da resistividade de alguns metais com o aumento de temperatura (ZHANG, 2006).....	9
Figura 11: Comportamento da resistência de contato para eletrodo limpo e sujo.....	10
Figura 12: Resistência durante um ciclo de solda.....	11
Figura 13: Imagem da (a) Placa positiva; (b) Placa negativa.....	12
Figura 14: Típica linha de produção de baterias automotivas.....	12
Figura 15: Imagem da placa negativa inserida no envelope e placa positiva fora.....	13
Figura 16: Imagem de um elemento da bateria.....	13
Figura 17: Ilustração dos elementos inseridos na caixa.....	14
Figura 18: Imagem dos elementos conectados em série.....	14
Figura 19: Ilustração de uma bateria automotiva montada (Acumuladores Moura S/A, 2014).....	15
Figura 20: Esquemático do desenvolvimento mecânico do processo de solda intercell (SCHROER & SNELL, s.d.).....	17
Figura 21: Esquemáticos dos sinais do processo de solda intercell (SCHROER & SNELL, s.d.).....	17
Figura 22: Esquemático do controle de solda (SCHROER & SNELL, s.d.).....	18
Figura 23: Imagem ilustrativa da máquina Sovema Welmatic 1000.....	20
Figura 24: Imagem ilustrativa do cabeçote da máquina Sovema Welmatic 1000.....	20
Figura 25: Controlador de solda ISA-500CR.....	21
Figura 26: Imagem ilustrativa do Verificador de solda Miyachi MM-370B.....	22
Figura 27: Ilustração de solda boa.....	22
Figura 28: Ilustração do canal partindo do centro.....	23
Figura 29: Ilustração da meia-lua na parte superior da solda.....	24
Figura 30: Ilustração do espirro na parte inferior da solda.....	25
Figura 31: Ilustração do atraso no centro da solda.....	26
Figura 32: Imagem da rebarba na parede da caixa.....	27
Figura 33: Ilustração da rebarba de plástico dentro da solda.....	27
Figura 34: Imagem do posicionamento dos sensores de corrente e tensão.....	29
Figura 35: Ilustração do posicionamento do sensor de deslocamento.....	29
Figura 36: Eletrodo usado na solda intercell.....	30
Figura 37: Característica da tensão com a limpeza do eletrodo.....	31
Figura 38: Característica da resistência com a limpeza do eletrodo.....	31
Figura 39: Característica da corrente com a limpeza do eletrodo.....	31
Figura 40: Característica da potência com a limpeza do eletrodo.....	32
Figura 41: Característica da tensão.....	33
Figura 42: Característica da resistência.....	33
Figura 43: Característica da corrente.....	33
Figura 44: Característica da potência.....	34
Figura 45: Característica da corrente.....	35
Figura 46: Característica da potência.....	35
Figura 47: Imagem da solda abaixo limite de corrente.....	36
Figura 48: Imagem da solda com defeito simulado.....	37
Figura 49: Imagem da solda na segunda simulação de defeito.....	37
Figura 50: Análise do deslocamento do porta eletrodos.....	38
Figura 51: Limite para potência.....	39
Figura 52: Desempenho mensal do índice de reprovação da linha 13.....	40
Figura 53: Cronograma PDCA.....	41

Figura 54: Ocorrência do defeito desde Abril/13 na linha 13.....	42
Figura 55: Comparação do total de defeitos com a ocorrência de canal e meia-lua.....	42
Figura 56: Brainstorming para canal e meia-lua.....	43
Figura 57: Análise de causa e efeito da linha 13.	44
Figura 58: Plano de ação.	44
Figura 59: Resultados obtidos.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura organizacional Grupo Moura	5
Tabela 2 : Causas e soluções para bolha.....	23
Tabela 3: Causas e soluções para meia-lua.....	24
Tabela 4: Causas e soluções para espirro.	25
Tabela 5: Causas e soluções para atraso.	26
Tabela 6: Causas e soluções para rebarba.....	27
Tabela 7:Ocorrência dos defeitos na linha 13.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TTP.....	Thought the Partition
SIC.....	Solda Intercell
COS.....	Cast on Strap
CC.....	Corrente Contínua
CA.....	Corrente Alternada
CLP.....	Controlador Lógico Programável

SUMÁRIO

Sumário	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivos do Estágio.....	1
1.2 A Empresa.....	1
1.2.1 Estrutura organizacional	4
2 Processos de soldagem	6
2.1 Solda por resistência	7
2.1.1 Características Elétricas da Solda por resistência	8
2.1.1.1 Resistência do Material	8
2.1.1.2 Resistencia de contatos.....	9
2.1.1.3 Resistencia total	10
2.2 Processo de Solda Intercell	11
2.2.1 Squeeze Time Delay(SQD)	15
2.2.2 Squeeze Time(SQZ)	16
2.2.3 Weld 1 Time(WE1)	16
2.2.4 Cool	16
2.2.5 Hold.....	16
2.2.6 Heat	17
2.2.7 Defeitos.....	22
2.2.7.1 Bolha ou Canal.....	23
2.2.7.2 Meia-Lua ou Arco	Error! Bookmark not defined.
2.2.7.3 Espirro.....	25
2.2.7.4 Atraso.....	25
2.2.7.5 Rebarba	26
3 Atividades desenvolvidas	28
3.1 Parametrização da solda intercell.....	28
3.1.1 Conexão do verificador de solda Miyachi MM-370B com a máquina Sovema	29
3.1.2 Limpeza dos eletrodos para realização da solda	30
3.1.3 Coleta e Análise dos dados	32
3.1.4 Inserção de limites e análise das soldas	34
3.1.5 Análise de outras variáveis	37
3.1.6 Receita para o processo	38
3.1.7 Conexão do Miyachi com a Sovema	39
3.2 Melhoria na reprovação do visual de qualidade da solda intercell nas linhas 13.	39
3.2.1 Identificação do problema	40
3.2.2 Observação do problema	41
3.2.3 Análise dos dados	43
3.2.4 Planejamento das ações	44

3.2.5	Verificação dos resultados	45
3.2.6	Padronização.....	45
3.2.7	Conclusão do projeto	46
4	Conclusão	47
	Bibliografia.....	48

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado visando apresentar as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado na empresa Acumuladores Moura S/A, no setor de Engenharia de Processos, entre os dias 14 de Outubro de 2013 e 04 de Junho de 2014.

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

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

- Desenvolvimento de melhorias no Processo de Solda Intercell;
- Elaborar estudo e parametrização do Processo de Solda Intercell;
- Auxiliar nas atividades rotineiras realizadas com as montadoras.

1.2 A EMPRESA

“As boas ideias tornam-se realidade com a ação de parceiros comprometidos. A Moura é assim: um empreendimento que reúne pessoas talentosas, processos disciplinados, produtos e serviços inovadores numa cultura decididamente focada no cliente. Sua vocação natural para construir sólidos relacionamentos ganha expressão com a participação crescente nos mercados de baterias automotivas, tracionárias, estacionárias e náuticas” (Acumuladores Moura S/A, 2014), Figuras 1, 2, 3 e 4, respectivamente.



Figura 1: Bateria Automotiva Moura (Acumuladores Moura S/A, 2014).



Figura 2: Baterias Tracionárias Moura (Acumuladores Moura S/A, 2014).



Figura 3: Baterias Estacionárias Moura Clean (Acumuladores Moura S/A, 2014).

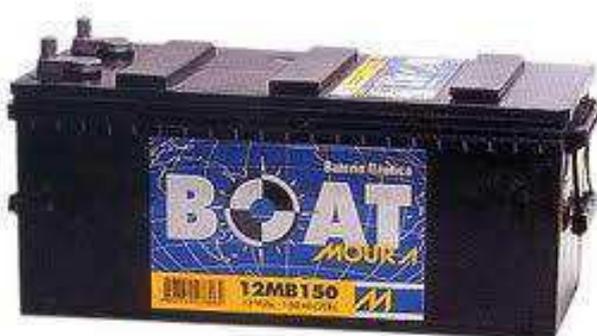


Figura 4: Bateria Náutica Moura Boat (Acumuladores Moura S/A, 2014).

“Com 57 anos e uma capacidade de produção superior a 7 milhões de baterias por ano, atualmente o Grupo Moura possui seis plantas industriais, dois centros técnicos e logísticos avançados e mais de setenta centros de distribuição comercial no Brasil, na Argentina e no Uruguai, além de distribuidores parceiros no Paraguai, Reino Unido e Portugal, atendendo assim todo o Mercosul e parte do continente europeu. Atualmente, é uma das maiores fornecedoras de baterias para a frota de veículos em circulação na

América do Sul, conquistando prêmios internacionais de qualidade das montadoras Fiat, Ford, GM, Mercedes-Benz e Volkswagen” (Acumuladores Moura S/A, 2014).

“Outros aspectos que se destacam ao longo de sua história são as parcerias tecnológicas com fabricantes norte-americanos e europeus que fazem com que as baterias Moura incorporem diferenciais de desempenho e atendam às mais exigentes aplicações” (Acumuladores Moura S/A, 2014).

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

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



Figura 5: Acumuladores Moura S/A Matriz (Acumuladores Moura S/A, 2014).



Figura 6: Fábrica Itapetininga (Acumuladores Moura S/A, 2014).



Figura 7: Escritório Central (Acumuladores Moura S/A, 2014).

1.2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A organização Moura encontra-se dividida em unidades localizadas no Brasil e na Argentina. A divisão de todas as unidades do grupo, assim como os produtos fabricados em cada uma destas unidades estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Estrutura organizacional Grupo Moura

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

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

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

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

O estágio descrito neste relatório foi realizado integralmente na Engenharia de Processos, responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias e controle de todos os processos produtivos de uma bateria. A Engenharia de Processos faz parte da área do apoio administrativo, ou seja, presta apoio as unidades gerais básicas (UGB's) em atividades rotineiras mas, também, em desenvolvimento de melhorias. As atividades aqui desenvolvidas foram focadas na montagem das baterias, especialmente para o processo de solda intercell. A organização possui 13 linhas de montagem e, portanto, 13 processos de solda intercell para serem controlados. Apesar da semelhança, cada processo possui sua própria parametrização uma vez que nem todos usam o mesmo maquinário, nem produzem o mesmo tipo de bateria. No decorrer da próxima seção serão apresentadas fundamentações teóricas que servirão como base para o melhor entendimento acerca das atividades realizadas.

2 PROCESSOS DE SOLDAGEM

O processo de soldagem visa a união localizada de materiais, similares ou não, de forma permanente, baseada na ação de forças em escala atômica semelhantes às existentes no interior do material, sendo a forma de união permanente de peças mais utilizadas industrialmente.

“A união de elementos metálicos é desejável na montagem de estruturas que transmitam ou suportem os esforços que surgem na execução do trabalho mecânico pelas máquinas. A seleção da forma adequada de transmitir esses esforços entre as disponíveis está relacionada a possibilidade técnica de aplicação, a possibilidade construtiva, ao custo, a disponibilidade de materiais e ao conhecimento, entre outros aspectos de menor peso” (SANTOS, 2001).

No decorrer deste capítulo serão apresentadas fundamentações teóricas que servirão como base para o melhor entendimento acerca do processo de soldagem e, principalmente, solda por resistência.

2.1 SOLDA POR RESISTÊNCIA

“Na solda por resistência, as peças a serem soldadas são pressionadas uma contra a outra, por meio de eletrodos não consumíveis, fazendo passar por estes uma alta corrente, que esta ocasiona, segundo a lei de Joule $Q = K * R * I^2 * t$, uma quantidade de calor proporcional ao tempo, resistência elétrica e intensidade de corrente, que deverá ser suficiente para permitir que a região de contato entre as peças a serem soldadas atinja o ponto de fusão” (BRACARENSE, s.d.), onde Q representa a energia aplicada, K uma constante, R a resistência elétrica, I a intensidade de corrente e t o tempo.

Um par de eletrodos fixados em uma peça (porta eletrodos) movimenta-se em direções opostas proporcionando a aproximação dos mesmos. A medida que os eletrodos se aproximam, o material a ser soldado vai sofrendo compressão e um contato elétrico para circulação de corrente é formado. A Figura 8 ilustra o aperto realizado pelos eletrodos em uma chapa de metal.

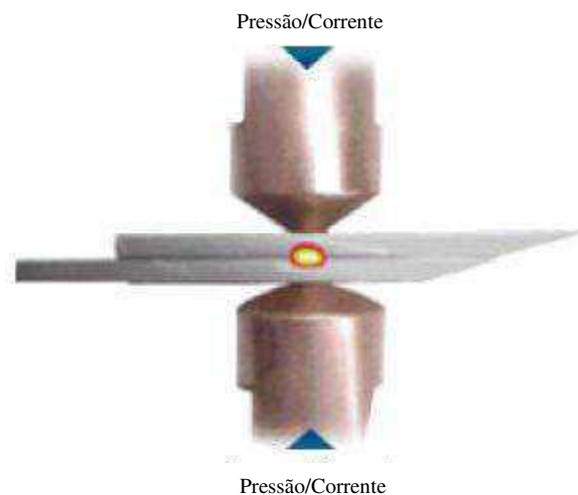


Figura 8: Processo de solda por resistência (ZHANG, 2006).

Para solda por resistência, a geração de calor em todas as localizações do ponto de solda é mais relevante do que o total de calor gerado pois o calor não é uniforme durante a soldagem. Além disso, a taxa de aquecimento tem maior influência do que a energia total fornecida pois a variação da temperatura aplicada determina a microestrutura do material. Solda por resistência é popular devido a algumas vantagens:

- Alta eficiência energética;
- Alta produtividade;

- Ciclos curtos de tempo;
- Possibilidade de impor um ciclo termal na peça em um ciclo de aperto dos porta eletrodos.

Solda por resistência, em geral, até mesmo entre aqueles que usam este processo em um ambiente produtivo diariamente, tem a imagem de ser antiquada. Por outro lado, este conceito ainda é vastamente utilizado devido aos seus benefícios específicos listados acima, à sua relativa ausência de problemas operacionais e baixo custo em um ambiente de alta produção.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DA SOLDA POR RESISTÊNCIA

O total de resistência elétrica envolvida no processo de soldagem pode ser atribuída às resistências de contato entre o eletrodo e o material a ser soldado (R1 e R5), da união do material (R3) e da resistência do próprio material (R2 e R4), como ilustrado na Figura 9.

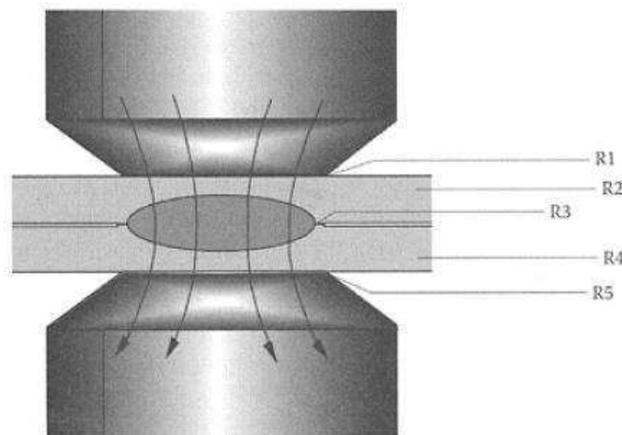


Figura 9: Resistências encontradas no processo (ZHANG, 2006).

2.1.1.1 RESISTÊNCIA DO MATERIAL

“A resistividade dos materiais metálicos varia de acordo com temperatura. Porém cada metal varia a uma taxa diferente, por exemplo, a resistividade do aço tem maior sensibilidade às variações de temperatura que a resistividade do cobre” (ZHANG, 2006). Por isso, ligas de cobre costumam ser usadas em eletrodos de solda por resistência devido à boa condutividade deste material, assim, com a aplicação de corrente elétrica nos eletrodos, o calor é concentrado no material a ser soldado. Para evitar aumento da

resistividade do eletrodo e, portanto, maior dissipação de calor, os eletrodos costumam ser resfriados com água corrente durante o processo de soldagem. A Figura 10 ilustra a “variação da resistividade do aço, alumínio puro e cobre com o aumento da temperatura, nela se pode identificar a dificuldade de soldar alumínio uma vez que ele possui resistividade semelhante ao do cobre mesmo com o aumento de temperatura, diferentemente do aço” (ZHANG, 2006). Tendo em vista o comportamento da resistividade, conclui-se que a resistência elétrica do material também sofrerá influência da variação de temperatura uma vez que a resistência é proporcional a resistividade.

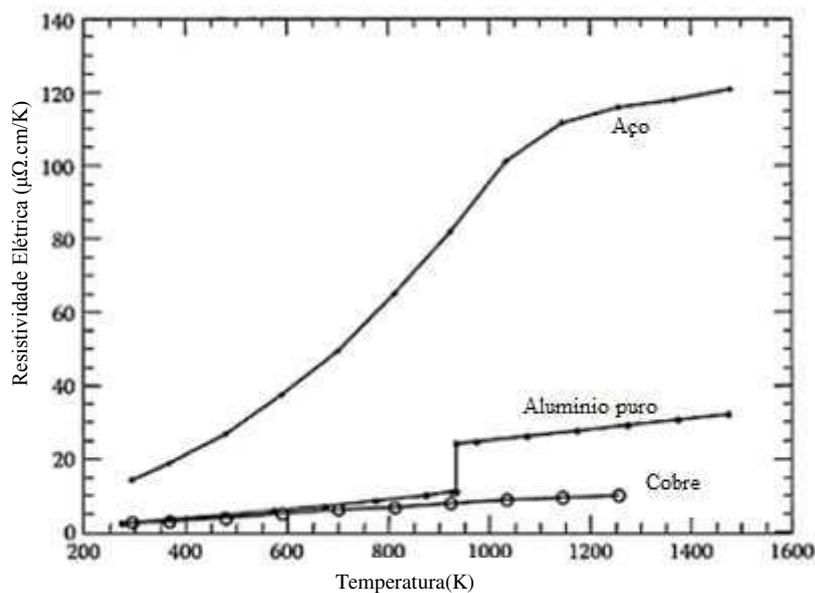


Figura 10: Variação da resistividade de alguns metais com o aumento de temperatura (ZHANG, 2006).

2.1.1.2 RESISTENCIA DE CONTATOS

“Apesar de a resistência elétrica para a maioria dos metais ser considerada independente da pressão, a resistência de contato é geralmente muito sensível a distribuição de pressão e às condições da superfície na interface de contato. Em geral, apenas uma porção do contato aparente está realmente efetivado, tal fato é causado por irregularidades na forma de cristas e cubas entre as superfícies de contato” (ZHANG, 2006).

Durante o processo de solda por resistência a pressão na região criada pelo aperto dos eletrodos esmaga as irregularidades e causa diminuição da resistência de contato. Uma pequena força do eletrodo pode não ser suficiente para criar uma superfície elétrica de contato na região, podendo produzir uma concentração de calor e possível derretimento

localizado ou até mesmo vaporização do material. Além disso, a presença de óleo, sujeira, oxidação, pintura e qualquer material externo também causa uma mudança nessa resistência.

No processo produtivo de baterias automotivas, sujeiras geradas em outros processos, como aplicação de giz na solda COS (Casto on Strap), têm um alto índice de influência na resistência de contatos. Como pode ser visto na Figura 11, o eletrodo de solda limpo faz com que a resistência final do processo se torne menor.

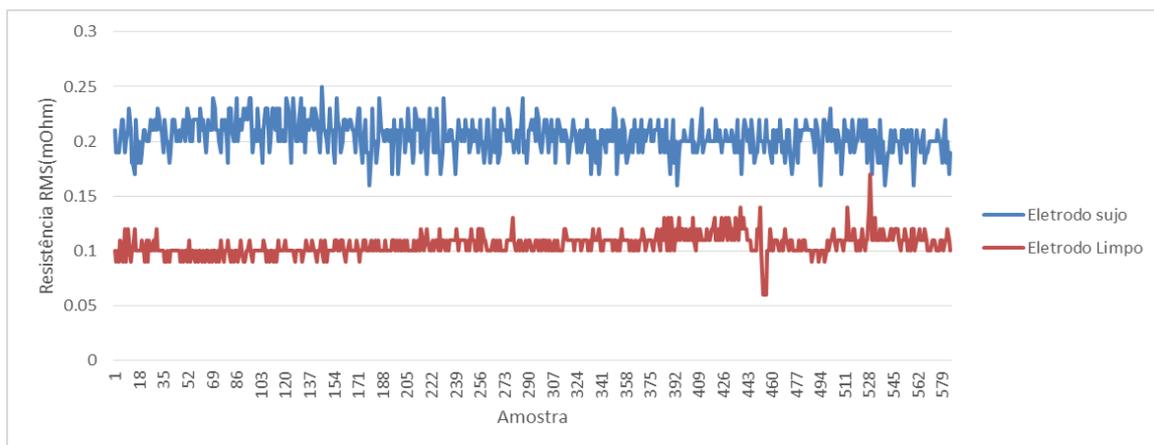


Figura 11: Comportamento da resistência de contato para eletrodo limpo e sujo.

2.1.1.3 RESISTENCIA TOTAL

O total de calor gerado na solda por resistência é determinado pelo total de resistência elétrica do material empilhado entres os eletrodos, que resulta da soma das resistências individuais (contato e do material) em diferentes posições.

Um estudo do valor da resistência elétrica durante a solda fornece uma oportunidade de entender o processo físico que ocorre durante a soldagem. A Figura 12 ilustra o comportamento da resistência total do processo em um ponto de solda. A resistência é alta no início do processo devido ao pobre contato existente e ao possível acúmulo de sujeira nos eletrodos (ponto 1). Existe uma queda na resistência quando a corrente é aplicada, indicando que as irregularidades da superfície de contato foram esmagadas devido à força do porta eletrodos e ao aquecimento, assim como a queima de materiais externos (entre pontos 1 e 2). Depois da queda inicial, a resistência continua decrescendo, mas a um ritmo mais lento (entre 2 e 3). A resistência do material, no caso o chumbo, é dominante neste período. Então seria esperado que a resistência total do processo aumentasse, uma vez que a resistividade do chumbo aumenta com o aumento

de temperatura em ambos estados, sólidos e líquidos. No entanto, o material passa a ficar mais flexível durante o ciclo de solda o que resulta em um aumento na superfície de contato e uma diminuição na espessura das placas. Portanto, a resistência total acaba diminuindo com a temperatura, o que significa que a diminuição da resistividade devido ao amolecimento do material sobrepõe o aumento da resistividade devido ao aquecimento (ponto 3).

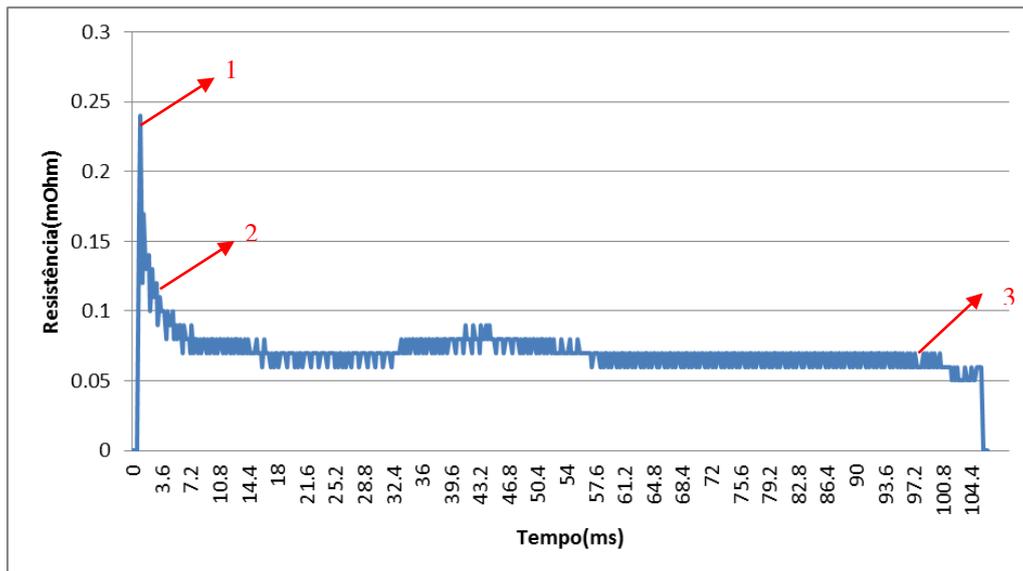


Figura 12: Resistência durante um ciclo de solda.

2.2 PROCESSO DE SOLDA INTERCELL

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

Uma bateria automotiva de chumbo-ácido é composta por 6 células secundárias, cada uma com 2 volts que, quando ligadas em série, formam um dispositivo com tensão final de 12 volts, como ilustrado na Figura 13. Cada uma das células possui elementos que propiciam a conversão de energia, são eles: os eletrodos de dióxido de chumbo (PbO_2), eletrodos de chumbo metálico (Pb), eletrólito de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), separadores de polietileno, terminais externos de chumbo, caixa e tampa de polipropileno.

O processo produtivo de uma bateria é constituído de várias etapas: primeiramente grades de uma liga de chumbo são preenchidas com o material ativo da bateria (este

material é conhecido como massa e sua composição depende do fabricante) em um processo chamado de empastamento, formando, assim, as placas da bateria, como ilustrado na Figura 13. Existe uma diferença entre o material ativo das placas positivas e negativas, isto se dá devido à ação química que cada uma das placas exercerá dentro da bateria.

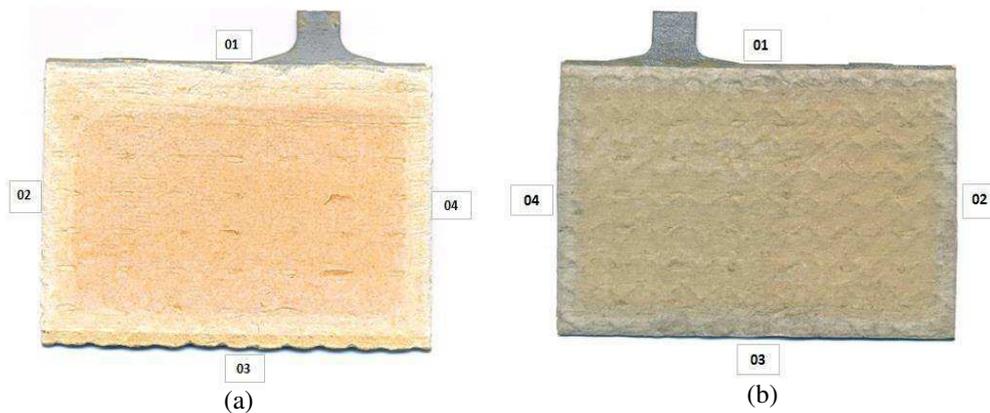


Figura 13: Imagem da (a) Placa positiva; (b) Placa negativa.

As placas, depois de secas e curadas, são transportadas em cavaletes para que se tenha início a montagem do acumulador de energia, ponto 1 da Figura 14. A primeira etapa do processo de montagem é o envelopamento, no qual um operador alimenta uma máquina com placas positivas e negativas separadamente (ponto 2). Uma destas, a depender da especificação da bateria, será envelopada com o separador, que tem como principal função evitar o curto-circuito entre placas adjacentes. Depois de envelopar uma das placas, estas são empilhadas assim como ilustrado na Figura 15.

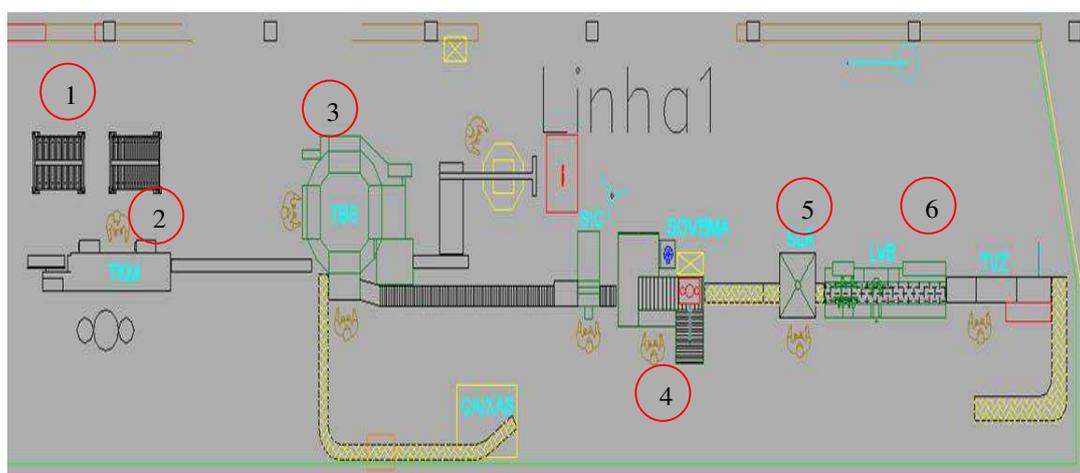


Figura 14: Típica linha de produção de baterias automotivas.



Figura 15: Imagem da placa negativa inserida no envelope e placa positiva fora.

O conjunto de placas é então transportado para o processo seguinte, conhecido como solda COS (Cast on Strap), ponto 3. Tal processo tem como função a união, em paralelo, de placas com a mesma polaridade e a formação da superfície necessária para ser realizada a solda intercell (Strap). Este conjunto de placas unidas pela solda COS é conhecido como o elemento ou célula da bateria. Seis destes elementos são inseridos em uma caixa de polipropileno já com furos punçados para dar continuidade ao processo. O elemento isolado, assim como os 6 elementos inseridos na caixa são ilustrados na Figura 16 e 17, respectivamente.



Figura 16: Imagem de um elemento da bateria.



Figura 17: Ilustração dos elementos inseridos na caixa.

Em seguida vem o processo de solda intercell (ponto 4), cuja principal função é unir estes elementos em série através dos furos da caixa, com o intuito de formar um dispositivo de 12 volts. O processo será tratado com mais detalhes no decorrer deste trabalho.



Figura 18: Imagem dos elementos conectados em série.

Após a realização da conexão entre os elementos (ou entre células), a bateria segue para inserção da tampa, processo conhecido como selagem (ponto 5) e, por fim, para o

levantamento dos bornes (ponto 6), para então ser obtida a bateria montada como ilustrado na Figura 19.

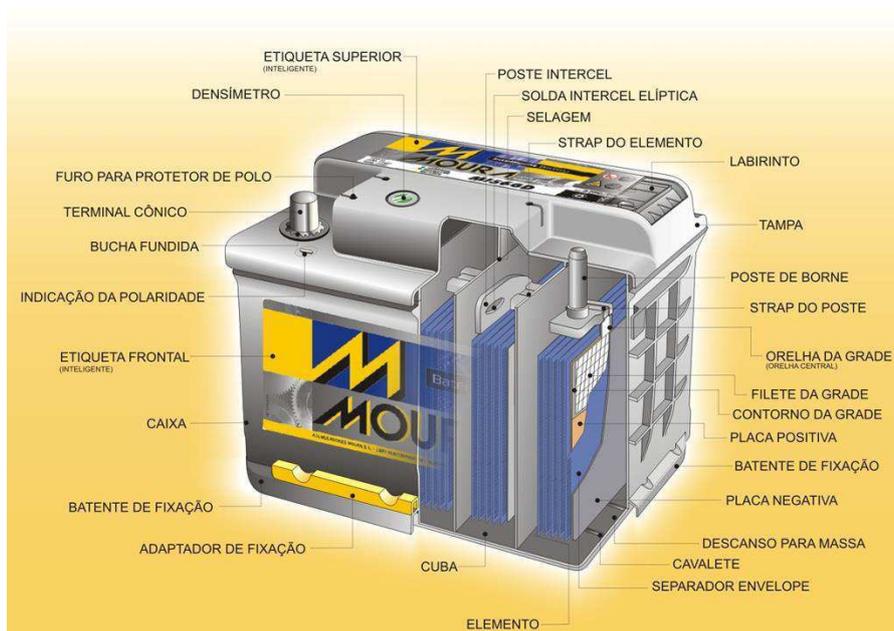


Figura 19: Ilustração de uma bateria automotiva montada (Acumuladores Moura S/A, 2014).

Depois de montadas, as baterias seguem para o processo de formação e acabamento, que não é objeto de interesse para este estudo uma vez que não causam influência na solda intercell.

O processo de solda intercell é constituído de 6 parâmetros que possuem relação direta com a qualidade da solda: SQD, SQZ, WE1, COOL, HOLD e HEAT. Estes serão detalhados a seguir.

2.2.1 SQUEEZE TIME DELAY(SQD)

É o tempo de espera entre o recebimento do sinal inicial e o aperto realizado pelo porta eletrodo no strap, com o intuito de formar a projeção no material. Este tempo permite o posicionamento adequado das partes para serem soldadas, pois estas são transportadas por esteiras na linha de produção, sofrendo muita trepidação que poderia deslocar a peça no momento do aperto, se não houvesse este sinal.

2.2.2 SQUEEZE TIME(SQZ)

Comprimento de tempo entre SQD e WE1. SQZ permite que o porta eletrodo forneça a pressão necessária antes da corrente de solda ser aplicada, ou seja, tempo em que será aplicado um aperto no strap com o intuito de formar a projeção para a solda. É necessário que este tempo seja longo o suficiente para que a força aplicada na peça seja estabilizada antes da aplicação da corrente. Caso a força varie no momento de circulação de corrente, a resistência de contato irá variar podendo, assim, gerar influência na qualidade da solda.

2.2.3 WELD 1 TIME(WE1)

Tempo de aplicação de corrente na peça para ser realizada a solda. O calor necessário para gerar uma solda de boa qualidade está diretamente relacionado ao tempo de aplicação de corrente. Caso o WE1 seja curto não será gerado calor suficiente para formação da solda (solda fria), e haverá expulsão de material, caso WE1 seja longo.

2.2.4 COOL

Tempo necessário para resfriamento e solidificação da solda. É o tempo em que o sistema de refrigeração da máquina fará com que água circule (geralmente à 14° C) dentro do porta eletrodos com o intuito de refrigeração da solda. Caso este tempo seja curto a solda pode ficar quebradiça, e pode haver retardo do processo produtivo caso seja muito longo.

2.2.5 HOLD

Tempo em que a peça é mantida sob pressão mesmo depois da interrupção de corrente. Durante este período, o ponto de solda resfria e o metal é forjado sobre força do porta eletrodos. A força continuada do porta eletrodos ajuda a manter a solda intacta até a mesma solidificar, resfriar e alcançar sua máxima resistência mecânica.

2.2.6 HEAT

Intensidade da variável a ser controlada com o intuito de formação da solda. Pode ser 5 tipos diferentes:

- Primary RMS: controle por corrente constante no primário do transformador;
- Secondary RMS: controle por corrente constante no secundário do transformador;
- Power RMS: controle por potência constante;
- Primary limit: controle por pico de corrente no primário do transformador;
- Fixed pulse: controle por pulso.

O processo é constituído de 5 etapas que são apresentadas nas Figuras 20 e 21.

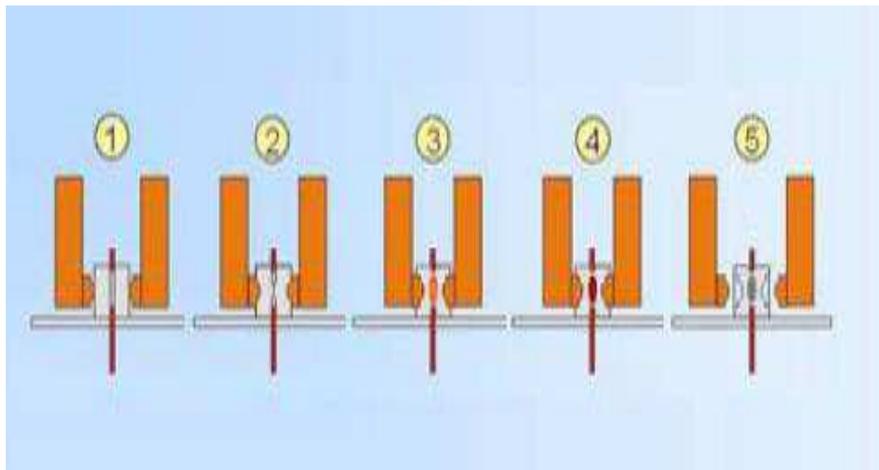


Figura 20: Esquemático do desenvolvimento mecânico do processo de solda intercell (SCHROER & SNELL, s.d.).

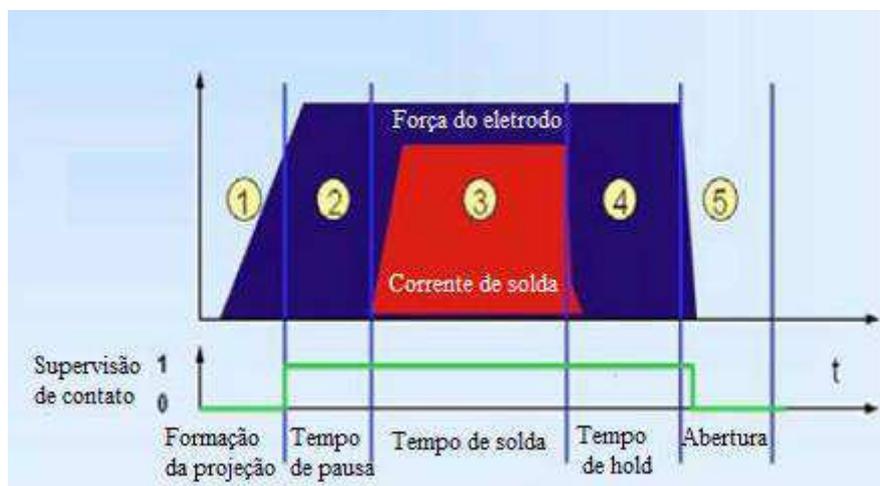


Figura 21: Esquemáticos dos sinais do processo de solda intercell (SCHROER & SNELL, s.d.).

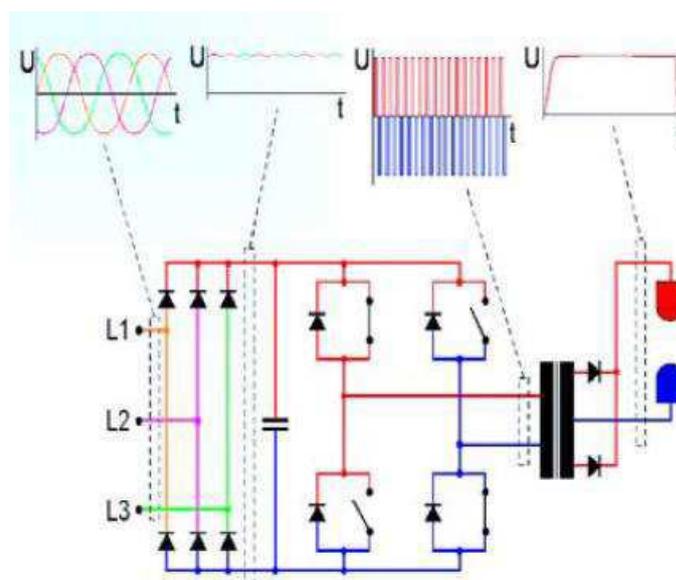
Quando a bateria é posicionada, o porta eletrodo se ajusta e espera a estabilização das peças a serem soldadas (SQD). Com a estabilização da peça, inicia-se a aplicação de força para formar a projeção das faces, com o intuito de fornecer um contato elétrico para o fluxo de corrente (SQZ - fase 1).

A fase 2 começa com o sinal do módulo de detecção de contato, o controlador espera estabilização do porta eletrodo para iniciar a injeção de corrente. A dimensão do contato realizado entre as peças influencia na qualidade da solda, pois quanto maior ele seja, menor será a resistência de contato e menor será o calor gerado naquela região de solda, podendo gerar soldas frias. Em caso de contatos muito pequenos, a resistência será maior, assim como o calor, podendo gerar expulsão de material de solda.

Com o porta eletrodo estabilizado, inicia-se a fase 3 ou fase de aplicação de corrente. A amplitude da corrente (HEAT) e seu tempo de aplicação (WE1) é controlado pelo controlador de solda. O material então irá derreter e, devido à pressão do porta eletrodos, irá preencher o furo realizado previamente na caixa.

Ao cessar a aplicação de corrente, inicia-se a fase 4 ou fase de resfriamento (COOL e HOLD). Nesta etapa água circulará pelo porta eletrodos com o intuito de resfriar e solidificar o material soldado. No final da fase 4 o porta eletrodos irá abrir e o módulo de detecção de contato irá indicar o fim do processo (fase 5).

“Regulação dinâmica é requerida para o controle da energia da solda e particularmente da corrente, por isso fontes de potência chaveadas são normalmente usadas nas máquinas de solda modernas” (SCHROER & SNELL, s.d.).



6

Figura 22: Esquemático do controle de solda (SCHROER & SNELL, s.d.).

A Figura 22 ilustra o princípio esquemático de um módulo de potência inversor CC, usando modulação por largura de pulso. O sinal CA é retificado para fornecer um link de tensão CC para o inversor IGBT. O inversor IGBT é controlado por uma frequência de 1 kHz e fornece 0,5 ms de ciclo de controle. O transformador de solda gera uma alta corrente de saída e, depois da retificação por dois diodos, uma sinal CC verdadeiro é aplicado nos eletrodos de solda. Apesar do desenvolvimento de novos equipamentos durante os últimos anos, variações na qualidade do material a ser soldado ou quedas de tensão na rede de alimentação podem influenciar na qualidade da solda intercell.

2.2.7 EQUIPAMENTOS

Para a realização do processo de solda intercell, equipamentos específicos devem ser usados conforme suas particularidades do processo. A seguir serão descritos os equipamentos usados neste processo.

2.1.1.4 MÁQUINA

A estrutura da máquina serve inicialmente para possibilitar que a peça seja mecanicamente comprimida antes, durante e depois da solda, mantendo-se intacta e estável. Isto significa que, especialmente em soldas com projeção, a estrutura tem que ser muito rígida para garantir que os porta eletrodos se mantenham paralelos, mesmo sobre máxima força. Porta eletrodos não paralelos vão resultar em forças não uniformes e diferenças proporcionais nas correntes de solda sobre a zona de contato.

Para este estudo foi usado uma máquina de solda a ponto, SOVEMA WELMATIC 1000, como ilustrada na Figura 23. Esta máquina é equipada com um cabeçote para operação, como apresentado na Figura 24, e fechamento hidráulico dos porta eletrodos com um movimento horizontal direto. A solda é feita por um pulso de alta corrente, cuja intensidade é previamente configurada e controlada automaticamente. É possível configurar independentemente todos os parâmetros de solda: potência, squeeze time, holding time e a duração da corrente. O ciclo operacional e todos os movimentos são controlados por um sistema CLP, programado por uma tela de toque. O sistema de controle de eixos é capaz de memorizar as coordenadas de até 99 baterias: quando

diferentes tipos de baterias precisam ser produzidas, é apenas necessário inserir o código da bateria, sem inserir novamente todo o programa.



Figura 23: Imagem ilustrativa da máquina Sovema Welmatic 1000.

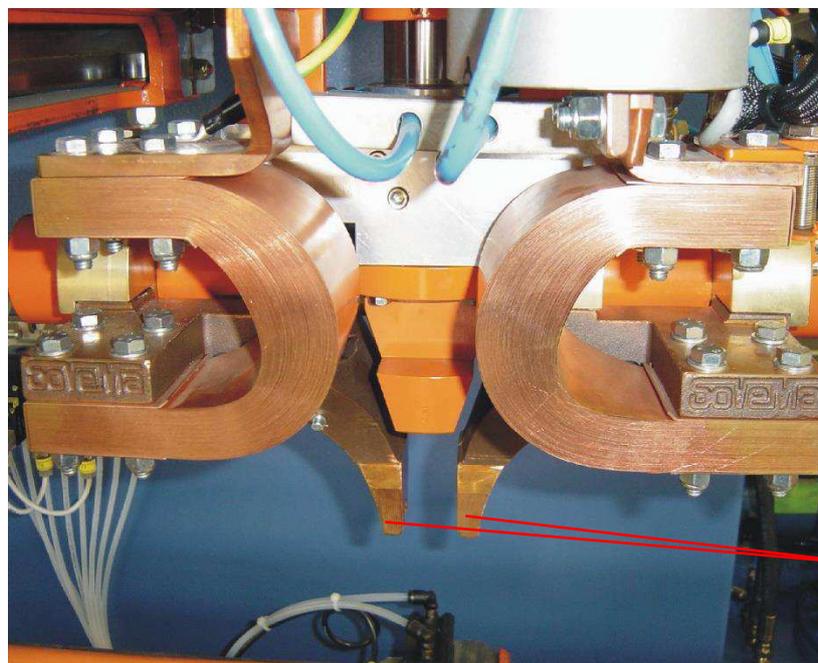


Figura 24: Imagem ilustrativa do cabeçote da máquina Sovema Welmatic 1000.

2.1.1.5 CONTROLADOR DE SOLDA

O controlador usado para realização da solda intercell é o Miyachi ISA-500CR, que fornece o maior nível de controle disponível hoje para solda de resistência a ponto (Figura 25).



Figura 25: Controlador de solda ISA-500CR.

2.1.1.6 VERIFICADOR DE SOLDA

Para verificação dos parâmetros aplicados na solda, foi usado um verificador de solda Miyachi MM-370B portátil, acoplável à máquina, que pode medir simultaneamente corrente, força, tensão, tempo e deslocamento. Este equipamento é ilustrado na Figura 26. Além disso, esta máquina pode definir limites para todos os parâmetros e, através de uma conexão CLP, pode se comunicar com a máquina Sovema. Os dados foram coletados através de uma entrada USB, mas também poderiam ser adquiridos através de uma conexão serial RS232, fornecida no verificador com um computador.



Figura 26: Imagem ilustrativa do Verificador de solda Miyachi MM-370B

2.2.8 DEFEITOS

Durante o processo de solda intercell alguns defeitos de solda podem ocorrer. Estas descontinuidades podem ser detectadas visualmente, mas algumas delas não apresentam características externas e, por isso, existe uma grande dificuldade de detectá-las. As recomendações a seguir formam um guia de ações que devem ser tomadas quando alguns destes defeitos forem encontrados. Deve ser lembrado que um ou mais defeitos podem ocorrer em uma mesma solda e, portanto, considerações cuidadosas devem ser tomadas antes que haja alguma alteração nos parâmetros da máquina. A Figura 27 ilustra um exemplo de uma boa solda que serve como referência para as demais.



Figura 27: Ilustração de solda boa.

2.1.1.7 BOLHA OU CANAL

A bolha ou canal é causado por uma quantidade insuficiente de material inserido no furo da caixa, ou seja, o volume de chumbo que é empurrada para dentro do furo não é suficiente para preencher o mesmo, fazendo com que regiões da solda fiquem sem preenchimento adequado. Este defeito é apresentado na Figura 28.



Figura 28: Ilustração do canal partindo do centro.

A Tabela 2 apresenta as possíveis causas e soluções para este tipo de defeito em ordem de prioridade.

Tabela 2 : Causas e soluções para bolha.

Bolha ou Canal	Possíveis causas	Possíveis soluções
1ª	Espessura da parede da caixa acima do especificado	Verificar espessura da parede da caixa
2ª	Eletrodos desgastados ou mal dimensionados	Verificar desgaste de eletrodo e referência
3ª	Pressão mecânica insuficiente	Verificar pressão mecânica

2.1.1.8 MEIA-LUA OU ARCO

Corrente de solda fluindo antes que tenha sido feita área de contato suficiente entre os straps. O calor gerado para efetuação da solda não foi suficiente para que houvesse o preenchimento total da região da solda. Uma solda com meia-lua é apresentada na Figura 29.



Figura 29: Ilustração da meia-lua na parte superior da solda.

A Tabela 3 apresenta possíveis causas e soluções de meia-lua em ordem de prioridade.

Tabela 3: Causas e soluções para meia-lua

Meia-lua ou Arco	Possíveis usas	Possíveis soluções
1 ^a	Desgaste de eletrodos	Verificar desgaste de eletrodo e referência
2 ^a	Pressão mecânica insuficiente	Aumentar pressão mecânica
3 ^a	Tempo de aperto curto	Aumentar tempo de aperto
4 ^a	Solda em parede da caixa incorreta	Verificar espessura da parede da caixa

2.1.1.9 ESPIRRO

A expulsão de material é ocasionado quando a quantidade de chumbo ou energia fornecida para a formação da solda é excessiva, expulsando o material da região de solda. A Figura 30 ilustra o defeito tipo espirro.



Figura 30: Ilustração do espirro na parte inferior da solda.

A Tabela 4 apresenta possíveis causas e soluções de espirros em ordem de prioridade.

Tabela 4: Causas e soluções para espirro.

Espirro	Possíveis causas	Possíveis soluções
1ª	Dimensionamento do eletrodo	Verificar desgaste e referência do eletrodo
2ª	Nível de corrente elevado	Diminuir nível de corrente
3ª	Tempo de solda elevado	Diminuir tempo de solda

2.1.1.10 ATRASO

O defeito tipo Atraso ocorre quando a área de contato entre os straps é muito grande no momento inicial de fluxo de corrente, resultando em uma solda fria. Quando superfície de contato entre os straps é muito grande, a resistência elétrica se torna

pequena, tornando a energia aplicada na solda insuficiente para formá-la. A Figura 31 ilustra este conceito.



Figura 31: Ilustração do atraso no centro da solda.

A Tabela 5 apresenta possíveis causas e soluções de atraso em ordem de prioridade.

Tabela 5: Causas e soluções para atraso.

Atraso	Possíveis causas	Possíveis soluções
1ª	Avanço excessivo do porta eletrodo	Verificar avanço do porta eletrodo
2ª	Nível de corrente baixo	Aumentar nível de corrente
3ª	Tempo de solda baixo	Aumentar tempo de solda

2.1.1.11 REBARBA

A rebarba ocorre quando a máquina que realiza os furos na caixa (furador de caixa) encontra-se defeituosa, deixando pequenos pedaços de plástico presos no furo, como ilustrado na Figura 32. Estes pedaços de plástico penetram na solda e causam a rebarba (Figura 33). Algumas vezes, o calor da solda vaporiza este material externo encontrados no furo, porém, mesmo com a vaporização do plástico, é formado um canal.



Figura 32: Imagem da rebarba na parede da caixa.



Figura 33: Ilustração da rebarba de plástico dentro da solda.

A Tabela 6 apresenta uma possível causa e solução.

Tabela 6: Causas e soluções para rebarba.

Atraso	Possíveis causas	Possíveis soluções
1ª	Furador de caixa com defeito	Verificar pressão ou desgaste do furador de caixa

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No decorrer do Estágio Integrado foram desenvolvidas inúmeras atividades, desde leitura de manuais técnicos até atividades administrativas que fazem parte da rotina para atender as demandas da produção ou até mesmo demandas externas, como montadoras por exemplo. Mas as duas principais atividades desenvolvidas no estágio foram: Parametrização do processo de solda intercell e melhoria no visual de qualidade da solda intercell na linha 13 de produção. A seguir são elencadas estas 2 principais atividades.

3.1 PARAMETRIZAÇÃO DA SOLDA INTERCELL

As maiores dificuldades na verificação da qualidade da solda por resistência estão relacionados com a complexidade do processo e suas iterações. Além disso, variações no material, como composição e revestimento, e condições do processo, como desgaste de eletrodo, alinhamento das peças, resfriamento, condições da máquina, assim como outros, também influenciam no monitoramento da solda. Corrente elétrica, tensão, força, deslocamento e resistência dinâmica são os sinais mais usados para monitoramento e controle do sistema. Foi realizado um experimento com intuito de medir sinais de corrente, tensão, resistência, potência e deslocamento para que, a partir da análise dos sinais, fosse possível a determinação da qualidade da solda. E, como objetivo final, obter uma metodologia capaz de determinar automaticamente a qualidade da solda.

Para a realização do experimento foi usado o verificador de solda Miyachi MM-370B. O principal objetivo é encontrar limites de parâmetros que possam determinar com confiança a qualidade da solda intercell sem que haja necessidade de inspeção destrutiva, ou seja, um método de análise automática de todas as soldas que são realizadas no processo. O experimento foi dividido em 7 etapas:

- 1^a) Conexão do verificador de solda Miyachi MM-370B com a máquina Sovema;
- 2^a) Limpeza dos eletrodos para realização da solda;
- 3^a) Coleta e análise de dados do processo;
- 4^a) Inserção de limites e análise das soldas;

- 5ª) Análise de outras variáveis;
- 6ª) Receita para o processo;
- 7ª) Conexão do verificador de solda Miyachi com a Sovema através do CLP para rejeição de solda.

3.1.1 CONEXÃO DO VERIFICADOR DE SOLDA MIYACHI MM-370B COM A MÁQUINA SOVEMA

Para a realização da aquisição de dados durante o processo produtivo, os sensores de corrente, tensão e deslocamento foram conectados a máquina Sovema. Com a medição de tensão e corrente pode-se obter a resistência da solda e a partir da análise das variáveis coletadas, pode-se, também, determinar a consistência da mesma. As conexões são ilustradas nas Figuras 34 e 35.

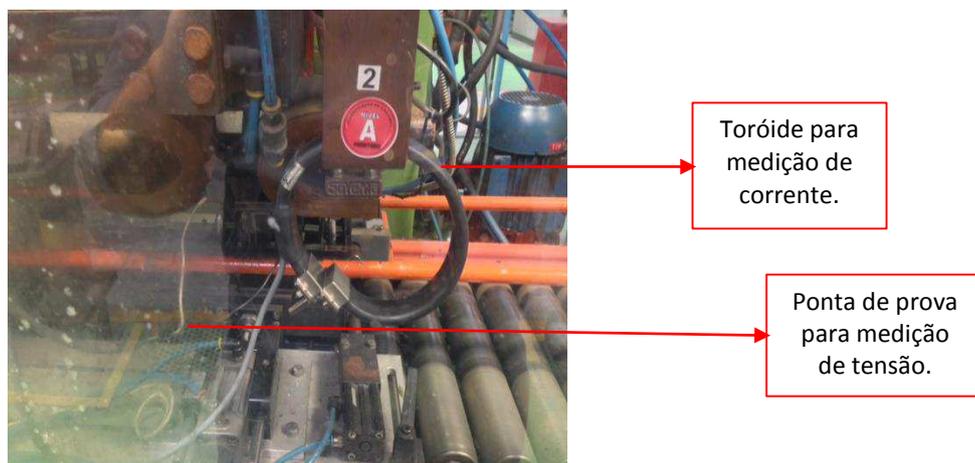


Figura 34: Imagem do posicionamento dos sensores de corrente e tensão.

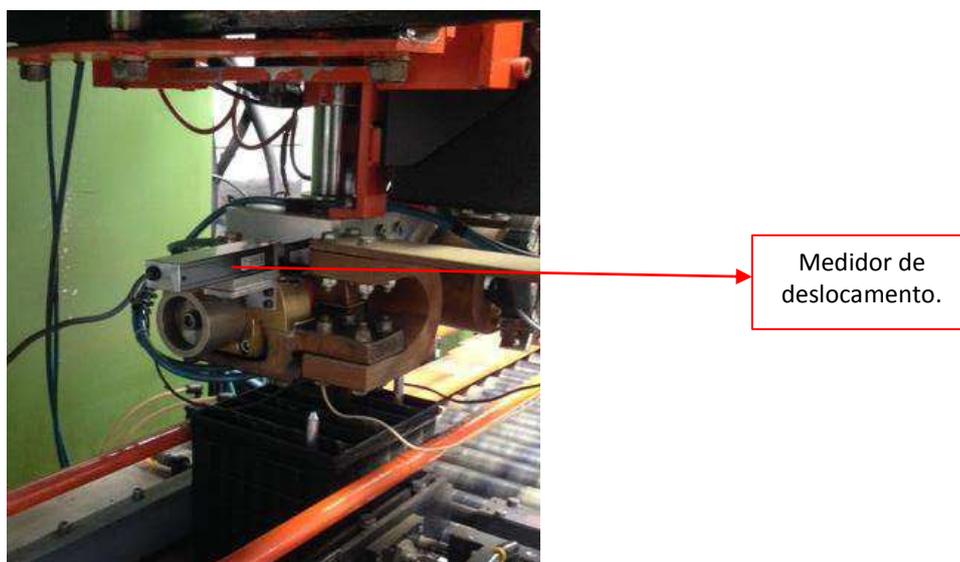


Figura 35: Ilustração do posicionamento do sensor de deslocamento.

Através do posicionamento adequado dos sensores, as primeiras medições puderam ser iniciadas.

3.1.2 LIMPEZA DOS ELETRODOS PARA REALIZAÇÃO DA SOLDA

Como descrito anteriormente, existem outras resistências além daquela do material a ser soldado, uma delas é influenciada pela sujeira incrustada nas conexões. Estas resistências, apesar de pequenas, influenciam no processo uma vez que o material a ser soldado é um bom condutor, por isso deve-se fazer a limpeza das conexões para a obtenção resultados satisfatórios.

Para a limpeza do eletrodo foi usada uma manta abrasiva. Na Figura 36 pode-se observar o eletrodo de solda intercell.



Figura 36: Eletrodo usado na solda intercell.

Vale lembrar que uma bateria é formada por 5 pontos de solda e que uma medição foi feita para cada ponto de solda, ou seja, para cada bateria foram realizadas 5 medições. Além disso, os parâmetros definidos para um ponto de solda, são replicados para os demais, ou seja, os valores para cada variável, corrente por exemplo, deveriam apresentar o mesmo comportamento em cada uma das soldas.

Os pontos de solda foram enumerados e as Figuras 37, 38, 39 e 40 representam o comportamento da tensão, resistência, corrente e potência, respectivamente. Os valores de cada ponto de solda foram sobrepostos para representar uma bateria.

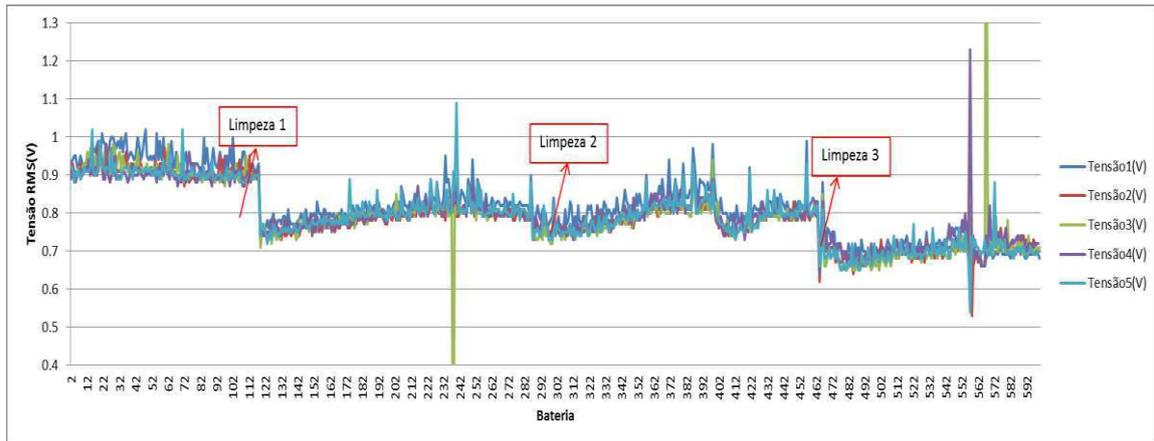


Figura 37: Característica da tensão com a limpeza do eletrodo.

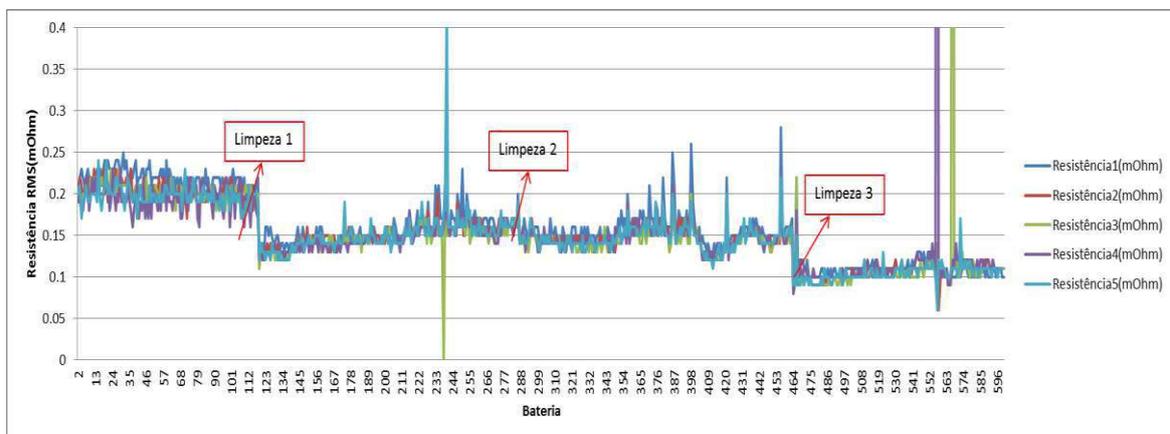


Figura 38: Característica da resistência com a limpeza do eletrodo.



Figura 39: Característica da corrente com a limpeza do eletrodo.

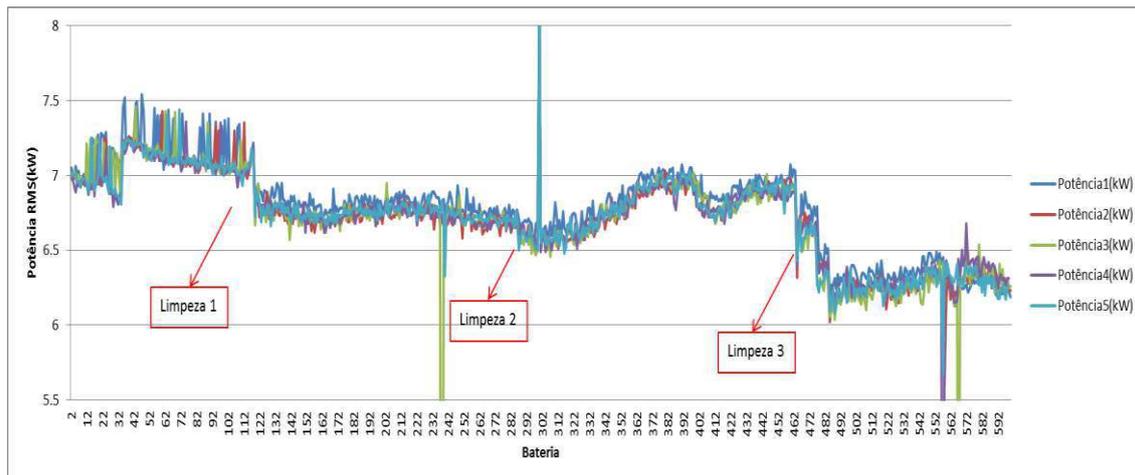


Figura 40: Característica da potência com a limpeza do eletrodo.

Ao analisar as Figuras 37, 38, 39 e 40, pode-se perceber que, apesar de apresentarem a mesma configuração para os parâmetros, o comportamento de cada sinal não é igual para cada ponto de solda devido à pequenas variações no material a ser soldado ou até mesmo na caixa da bateria. Houve queda na resistência com a limpeza do eletrodo, assim como esperado, uma vez que a área de contato entre as partes condutoras se tornou maior (Figura 38). Por consequência, houve também uma queda de tensão (Figura 37) já que a resistência à condução de corrente era menor. E, por fim, observa-se que a potência caiu uma vez que as perdas no sistema tornaram-se menores (Figura 40).

Assim, a limpeza do eletrodo de solda intercell trouxe ganhos para o processo já que a qualidade da solda pôde ser mantida e as perdas no sistema se tornaram menores.

3.1.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

O armazenamento dos dados necessários para determinação da qualidade da solda nunca havia sido feito, por isso mostrou-se necessário uma coleta extensa de valores, servindo como base de comparação para as informações que seriam coletadas futuramente. Para isso, o verificador de solda ficou ligado à máquina Sovema coletando dados de 3500 soldas (700 baterias) fornecendo, assim, uma base de valores. As medições realizadas para tensão, resistência, corrente e potência estão apresentadas nas Figuras 41, 42, 43 e 44, respectivamente.

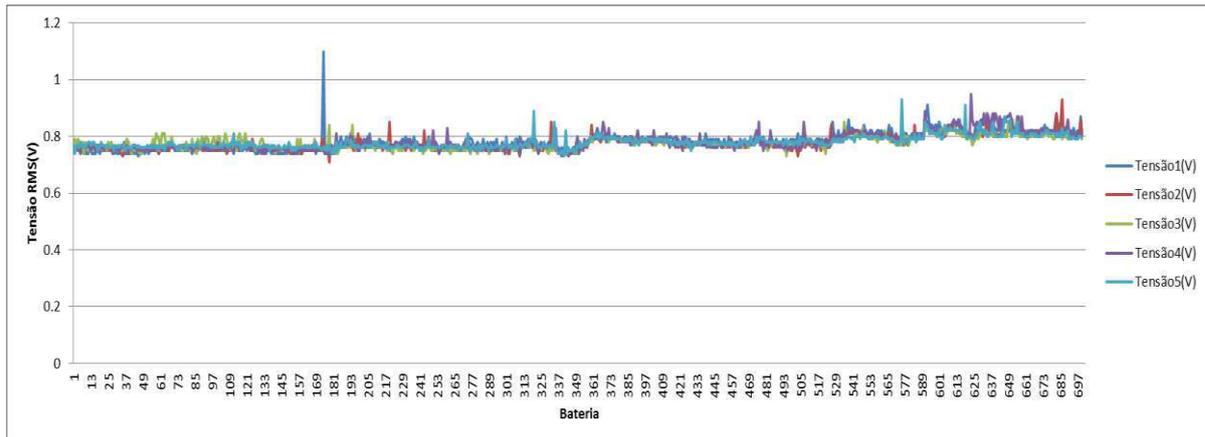


Figura 41: Característica da tensão.

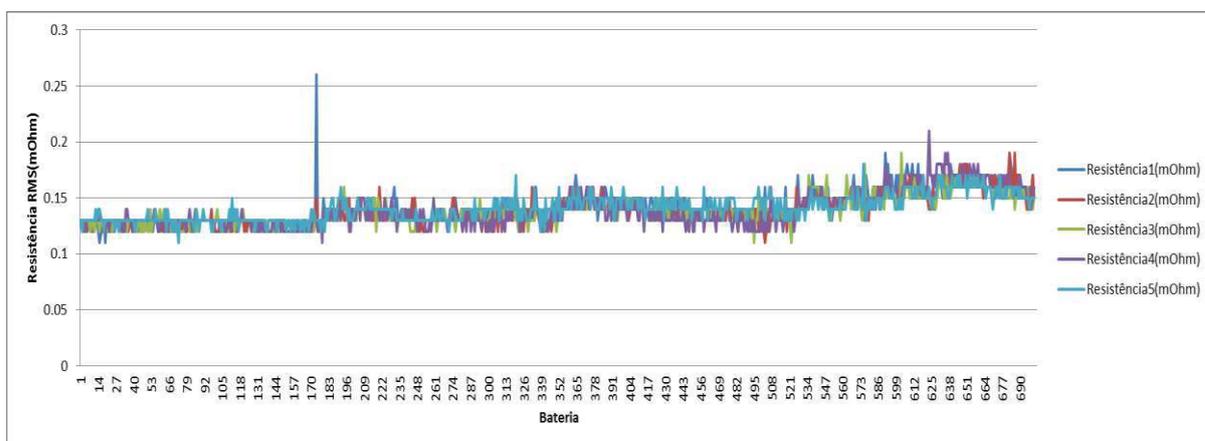


Figura 42: Característica da resistência.

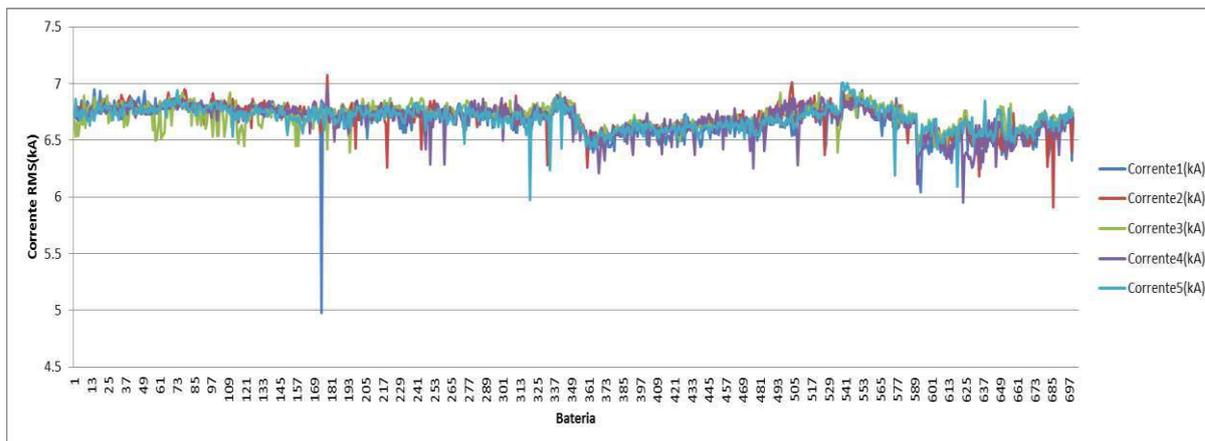


Figura 43: Característica da corrente.

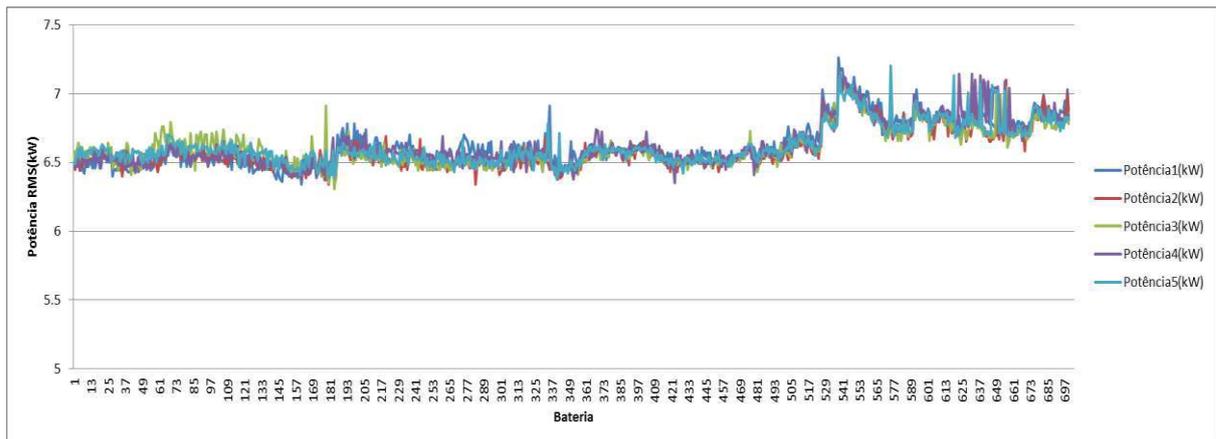


Figura 44: Característica da potência.

Os dados coletados foram analisados e foi possível visualizar como se comportava em um período de aproximadamente 7 horas. Foi detectado que a corrente, por exemplo, caía de um patamar de 6,75 kA para 5,00 kA em um determinado ponto de solda. Foi percebido, também, que a variação de corrente afeta a tensão e resistência porém realiza pequena influência na potência. Com a análise deste comportamento foi possível, então, inserir limites para a rejeição de solda a partir do seguinte questionamento: Correntes abaixo de 6,00 kA representam uma solda fria? Com isso em foco, seguiu-se para o próximo passo do experimento.

3.1.4 INSERÇÃO DE LIMITES E ANÁLISE DAS SOLDAS

A etapa anterior forneceu o comportamento das variáveis ao longo do tempo. Pode-se perceber que durante o período produtivo, em algumas amostras, o valor da corrente atingia um patamar inferior àquele especificado para ela. Assim, foram inseridos limites no verificador para coletar as soldas que foram realizadas com um baixo nível de corrente. Quando o verificador identificava uma solda abaixo do limite permitido, era emitido um alarme visual e a bateria, na qual a solda estava sendo efetuada, era retirada da linha de produção para análise. Foram definidos 3 passos para esta etapa do experimento:

- 1^a) Coletar baterias com queda de corrente natural do sistema;
- 2^a) Simular queda de corrente na região de 6,5 kA e analisar a solda;
- 3^a) Simular queda de corrente na região de 6,0 kA e analisar a solda;

Um total de 995 amostras de solda representando 199 baterias foram coletadas, cujos gráficos da corrente e potência são apresentados nas Figuras 45 e 46, respectivamente.

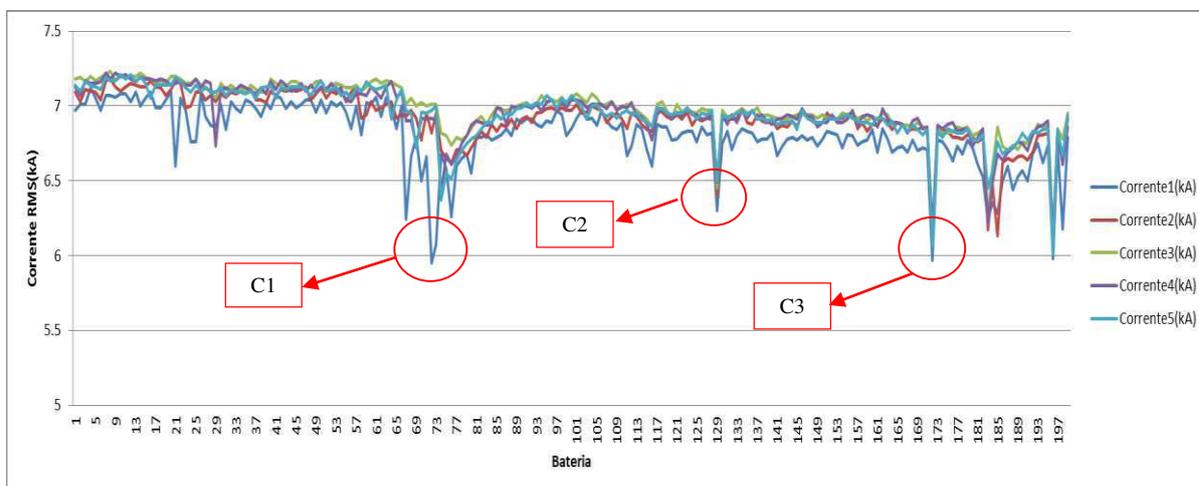


Figura 45: Característica da corrente.

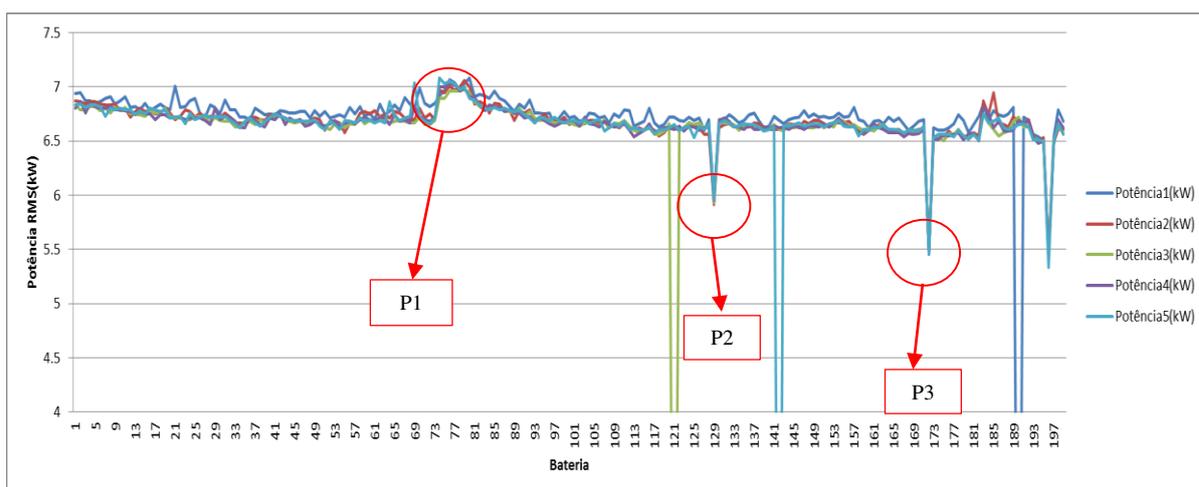


Figura 46: Característica da potência.

Inicialmente foi inserido um limite mínimo de corrente de 6,5 kA para que quando uma solda abaixo desse limite fosse detectada, o verificador emitisse um alarme visual e a solda pudesse ser coletada para análise. No ponto C1 da Figura 45, houve uma queda natural do sistema suficiente para ultrapassar o limite mínimo de corrente e, então, a bateria, na qual a solda estava sendo efetuada, foi coletada e a imagem da solda é apresentada na Figura 47.



Figura 47: Imagem da solda abaixo limite de corrente.

A Figura 45 mostra que, apesar da queda de corrente abaixo dos limites especificados, a solda manteve-se com boa qualidade visual. Isto se justifica pois a potência não seguiu a queda de corrente e, por isso, a energia aplicada para formação da solda ainda foi suficiente para manter a qualidade. O comportamento da potência como reflexo de C1 é apresentado pelo ponto P1 da Figura 46.

Em C2 houve uma simulação de defeito. A corrente foi reduzida propositalmente para a região de limite mínimo de corrente (6,5 kA) e, da mesma forma, a bateria foi coletada e a solda analisada. P2 representa a queda na potência aplicada na solda como reflexo da redução efetuada em C2. Como pode ser visto na Figura 48, a solda foi afetada com a queda de potência, mostrando que a qualidade da solda está relacionada com a energia aplicada (potência). A Figura 48 apresenta uma solda de menor qualidade como reflexo da queda na potência, mas ainda dentro dos limites exigidos pelo controle de qualidade. Por isto, o nível de corrente foi reduzido para a região de 6 kA com o intuito de analisar a qualidade da solda neste ponto.

O ponto C3 representa esta redução e o ponto P3 o reflexo desta redução na potência. As soldas realizadas com o nível de corrente representado pelo ponto C3 são apresentadas na Figura 49.

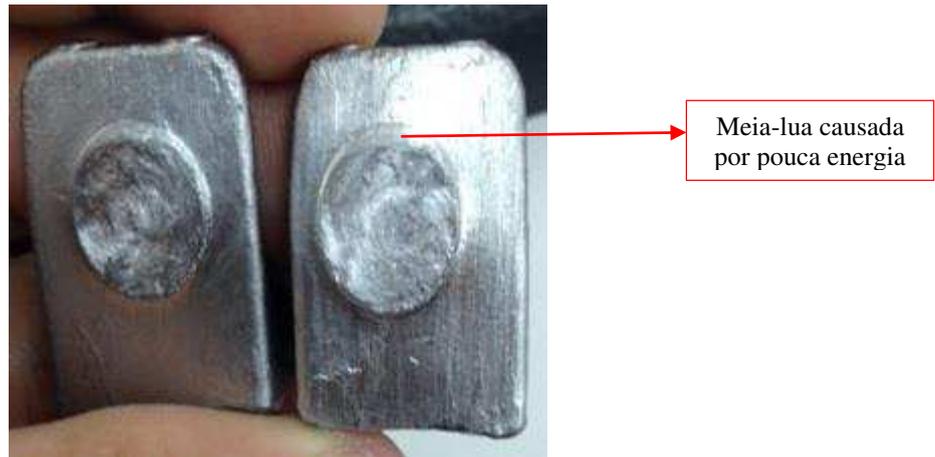


Figura 48: Imagem da solda com defeito simulado.

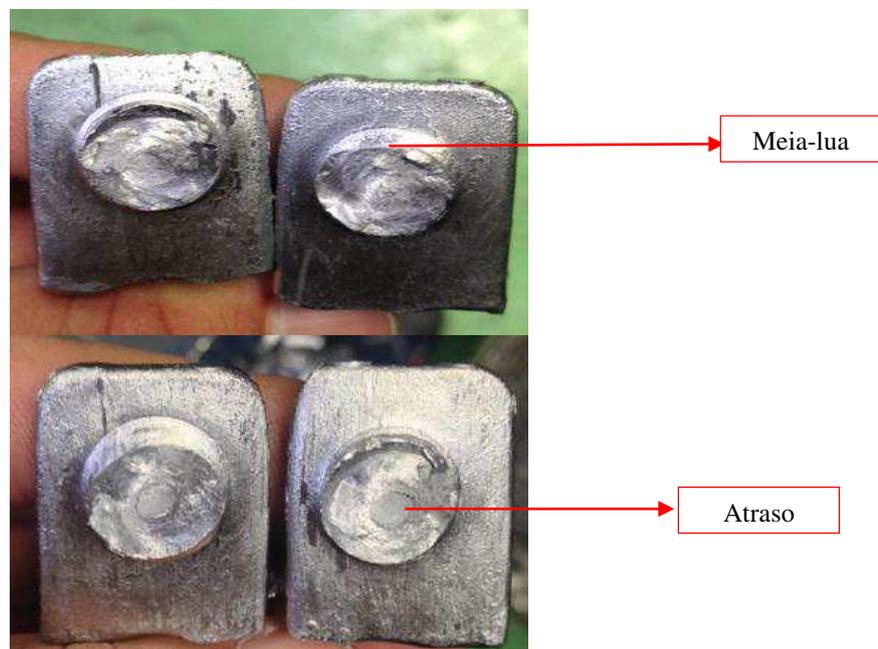


Figura 49: Imagem da solda na segunda simulação de defeito.

Assim como esperado, quanto menores os níveis de potência pior será a qualidade da solda, como pode ser visto na Figura 49. A solda apresenta defeitos graves e suficientes para reprovação pelo controle de qualidade.

3.1.5 ANÁLISE DE OUTRAS VARIÁVEIS

O excesso de energia na solda também pode causar outro defeito, conhecido como espirro. O espirro ocorre quando a quantidade de material inserido para formação da solda é maior do que o espaço destinado para ela e é um dos defeitos mais difíceis de se detectar uma vez que depende tanto de parâmetros elétricos como mecânicos. Uma das técnicas

usadas para detecção deste defeito usa um sensor de deslocamento que mede o posicionamento do porta eletrodo que, na ocasião de um espirro, movimenta-se acima dos limites predefinidos. Isto acontece pois o *strap* está sob pressão do porta eletrodos, fazendo com que ele avance no momento da expulsão de material (espirro).

As medições para o defeito são apresentadas na Figura 50.

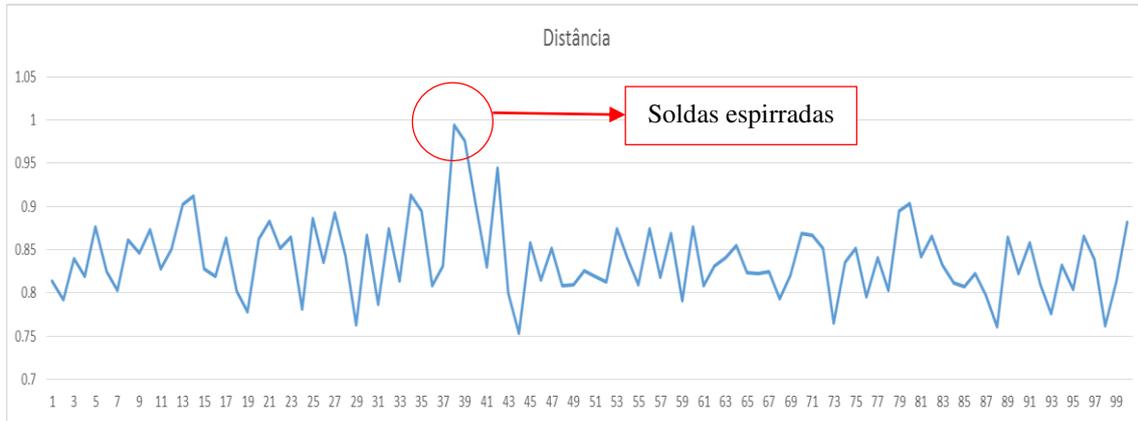


Figura 50: Análise do deslocamento do porta eletrodos.

Como observado na Figura 50, quando o porta eletrodos apresentou um deslocamento maior que 0,95 mm foi detectado que a solda apresentava expulsão de material.

3.1.6 RECEITA PARA O PROCESSO

Com análise dos dados do estudo, pode-se concluir que um limite para a rejeição de baterias seria uma potência de 5 kW e cada bateria encontrada abaixo disso deve ser analisada para a comprovação do estudo. Caso o valor de 5 kW mostre-se um limite muito aberto, deve-se estreitá-lo até que se encontre o valor ideal para rejeição.

Observando a Figura 51, percebe-se que em um espaço amostral de 199 baterias, 3 estavam abaixo do limite de 5 kW de potência, ou seja, 1,5% das baterias produzidas neste período apresentavam pelo menos uma das soldas com qualidade duvidosa.

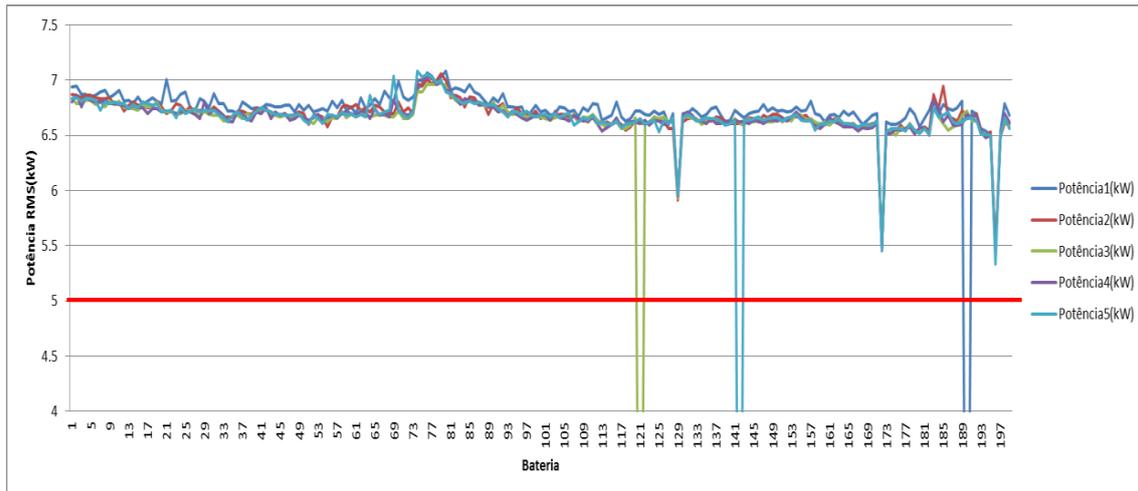


Figura 51: Limite para potência.

3.1.7 CONEXÃO DO VERIFICADOR DE SOLDA MIYACHI MM-3700B COM A MÁQUINA SOVEMA

Esta parte do estudo, infelizmente, não pode ser realizada por falta de tempo mas será efetuado em uma oportunidade futura.

3.2 MELHORIA NA REPROVAÇÃO DO VISUAL DE QUALIDADE DA SOLDA INTERCELL NAS LINHAS 13

Todos os turnos os inspetores do controle de qualidade trafegam pelas linhas de produção para analisar a qualidade dos processos envolvidos na produção da bateria. Em cada turno, o inspetor faz a visita e coleta uma amostra das peças que estão sendo fabricadas no momento, ou seja, em um mês são realizadas 78 amostras (considerando 26 dias úteis e 3 turnos por dia) em cada linha de produção com o intuito de avaliar a qualidade do produto que está sendo produzido. No processo de solda intercell a cada hora do turno é realizado um teste destrutivo na bateria para avaliar as 5 soldas da mesma. Estas soldas são guardadas para depois serem avaliadas pelo controle de qualidade e se, durante o mês, mais do que 5% das soldas avaliadas estiver com a qualidade abaixo do especificado, esta linha é reprovado de acordo com o visual de qualidade e poderá perder benefícios atribuídos àqueles que têm a linha aprovada. Para o desenvolvimento deste projeto, foi usada a metodologia PDCA que facilita a organização de ideias para obtenção

de um resultado positivo. A estrutura desta metodologia também será usada para apresentação deste trabalho. O PDCA é constituído de 8 etapas:

- 1ª) Identificação do problema;
- 2ª) Observação do problema;
- 3ª) Análise dos dados;
- 4ª) Planejamento de ações;
- 5ª) Execução do plano de ação;
- 6ª) Verificação dos resultados;
- 7ª) Padronização;
- 8ª) Conclusão.

3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta etapa deve-se definir claramente o problema e reconhecer sua importância. Foi identificado que a linha de produção 13 vem apresentando um índice de reprovação do visual de qualidade de solda intercell alto nos últimos meses (índice maior que 5%). Na Figura 52 pode-se perceber que em todos os meses desde o início da operação, em Maio de 2013, houve reprovação por visual de qualidade. Isto aconteceu pois havia pouco conhecimento do novo maquinário e falta de experiência dos operadores da linha. Tendo em vista este histórico, foi tomado como meta a redução deste índice para 10% até Abril de 2014.

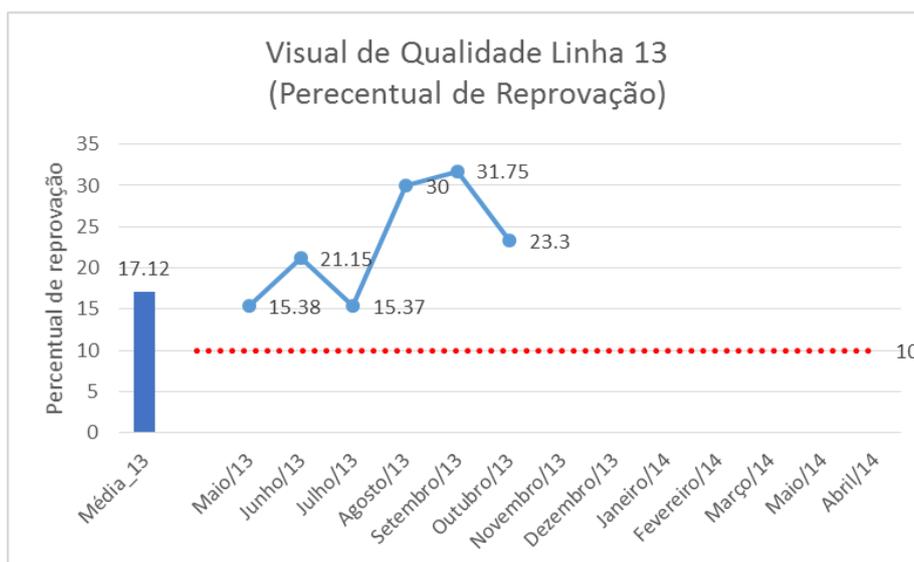


Figura 52: Desempenho mensal do índice de reprovação da linha 13.

Dada a identificação do problema, foi traçada um cronograma do andamento do projeto. O cronograma inclui as 8 etapas do PDCA e é apresentado na Figura 53. Cada quadrado hachurado representa o planejamento das atividades cada semana do mês. O fim de uma sequência de quadrados hachurados significa que aquela etapa deveria ser concluída naquela data predefinida. A primeira etapa do cronograma iniciou-se em 4 de novembro de 2014 duas semanas após o início da período de estágio, dando a possibilidade de ambientação com as atividades e rotina da empresa.

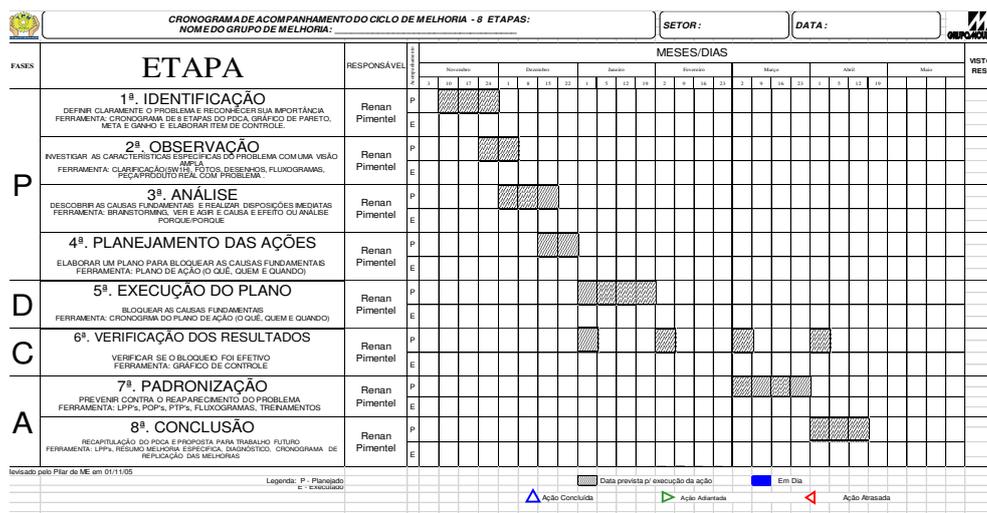


Figura 53: Cronograma PDCA.

3.2.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta etapa do projeto deve-se investigar as características específicas do problema com uma visão ampla, ou seja, deve-se destrinchar o problema procurando características repetitivas.

Tabela 7: Ocorrência dos defeitos na linha 13.

Linha 13										
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Bolha	Linha não operava.				0	0	0	4	1	0
Canal					3	2	1	6	10	11
Meia Lua					4	8	9	5	4	2
Atraso					0	0	0	0	3	0
Rebarba					0	0	0	0	1	0
Espirro					1	1	0	3	1	1
Sem Solda					0	0	0	0	0	0
Suj					0	0	0	0	0	0
Total					8	11	10	18	20	14

Foi realizada a estratificação dos dados da linha 13 para identificar qual defeito vinha acontecendo com mais frequência. A Tabela 7 foi criada mostrando a ocorrência de cada defeito a cada mês até Outubro. A partir dela foi possível criar os gráficos das Figuras 54 e 55.

A Figura 54 apresenta a recorrência do defeito desde Maio de 2013. Canal foi o defeito mais frequente dentro do período considerado (33 vezes) e, logo em seguida, meia-lua (32 vezes). A partir da Figura 54 pode-se concluir que: ações tomadas especificamente para a redução da ocorrência de canais e meia-lua surtiria um efeito de 80% na ocorrência total de problemas. Assim, um trabalho focado na redução destes defeitos seria suficiente para atingir a meta estabelecida.

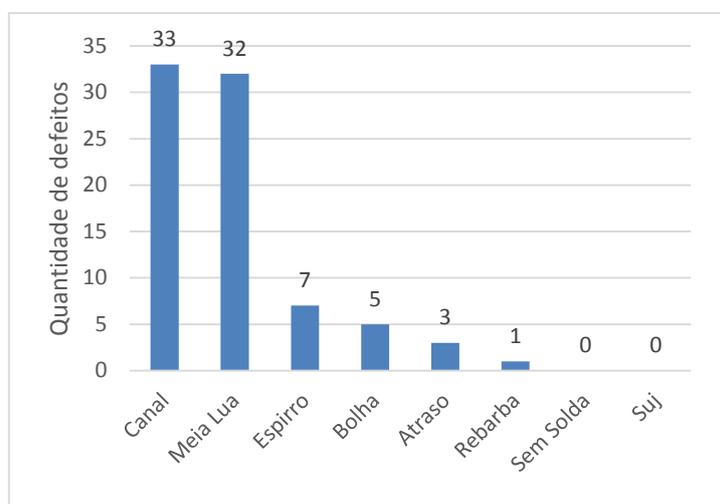


Figura 54: Ocorrência do defeito desde Abril/13 na linha 13.

A Figura 55 apresenta o total defeitos da linha comparado com a soma de meia-lua e canal mês a mês, reforçando que a maior ocorrência de problemas encontra-se nestes dois defeitos.

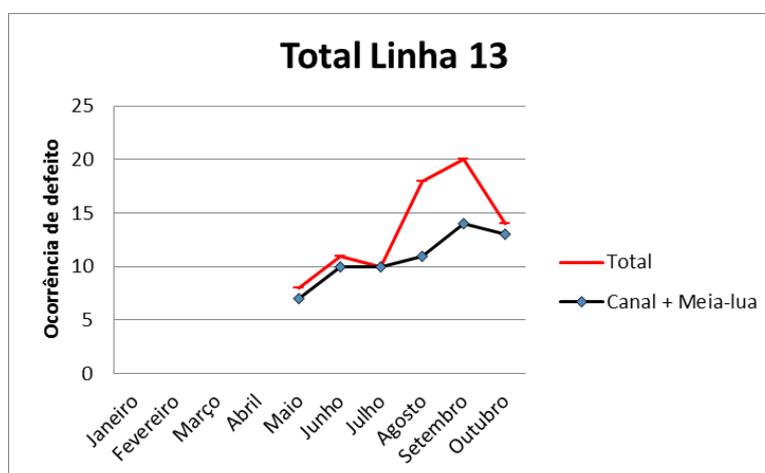


Figura 55: Comparação do total de defeitos com a ocorrência de canal e meia-lua.

3.2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta etapa devemos descobrir as causas fundamentais e realizar disposições imediatas, ou seja, devemos descobrir quais são as razões da anomalia está acontecendo. Para isso foi usado o brainstorming, ferramenta que ajuda a encontrar quais as causas fundamentais que provocam o problema. O brainstorming é apresentado na Figura 56.

Causas	Confirmado?		Tratamento	
	SIM	NÃO	VER E AGIR	CAUSA E EFEITO
1. Furador fazendo furo mal posicionado	X			X
2. Variação de espessura de caixa		X		
3. Desalinhamento de strap		X		
4. Rebarba do furador	X			X
5. Faixa de variação de parâmetros grande	X		X	
6. Eletrodo mal dimensionado para o furo da caixa	X			X
7. Altura do elemento	X		X	
8. Excesso de giz		X		
9. Intensidade de corrente	X		X	
10. Tip Gap	X		X	
11. Parâmetros de Solda	X		X	
12. Posição da esfera	X		X	
13. Caixa sem aleta		X		

Figura 56: Brainstorming para canal e meia-lua.

No brainstorming foram elencadas 13 possíveis causas para o defeito, das 7 foram confirmadas e 4, não. Das 7 confirmadas, 4 foram ações de ver/agir e 3 análise de causa e efeito. Ações de ver/agir são aquelas que são tomadas imediatamente após a detecção, por exemplo parâmetros fora do especificado. Em análise de causa e efeito é feito um breve estudo para encontrar a causa raiz do problema, estas são apresentadas na Figura 57.

A partir da análise de causa e efeito pôde-se identificar que a principal causa do problema estava na parametrização da máquina, no conhecimento dos staffs e no queimador de rebarba. Então, as ações deveriam ser focadas nestas 3 causas.

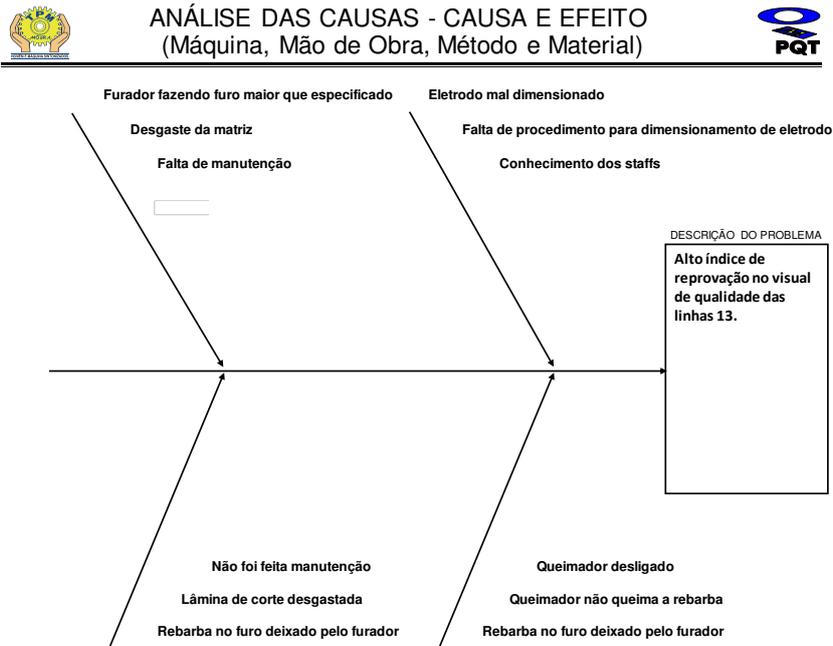


Figura 57: Análise de causa e efeito da linha 13.

3.2.4 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

Nesta etapa deve-se elaborar um plano de ação para bloquear as causas fundamentais. Foram programadas 4 ações em cima das causas fundamentais e o plano de ação é apresentado na Figura 58.

				PLANO DE AÇÃO		SETOR : ENGNHARIA DE PROCESSOS		DATA : 05/01/2014			
ações	Responsible	Plano	Dec-13			Jan-14			Feb-14		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dimensionar eletrodo	Renan/ Elias	P	█	█	█						
		E	█								
Ligar queimador	Renan	P				█	█	█			
		E				█	█	█			
Verificar pressão do furador	Renan	P									
		E				█	█	█			
Preparar e efetuar treinamento com os operadores	Renan	P							█	█	█
		E							█	█	█
		P									
		E									
		P									
		E									
		P									
		E									
			█			█		█		█	█

Figura 58: Plano de ação.

As maioria ações foram realizadas dentro das datas planejadas menos a quarta ação que teve um atraso devido à dificuldade de conseguir uma sala adequada para realização do treinamento.

3.2.5 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa deve-se verificar se o bloqueio realizado pelas ações foi efetivo. Este resultado é apresentado na Figura 59.

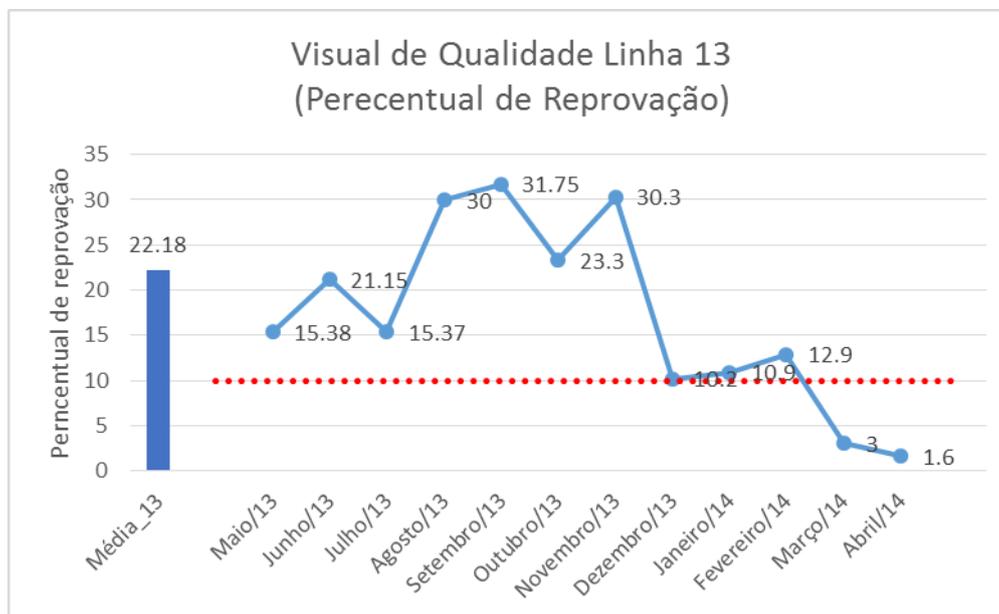


Figura 59: Resultados obtidos.

Pode-se perceber que no mês de novembro houve um aumento no percentual de reprovação mas neste ponto nenhuma ação de contenção havia sido tomada. No mês de dezembro as ações de dimensionamento adequado do eletrodo e ligar o queimador de rebarba surtiram efeito e o índice teve uma queda de 30,3% para 10,2%, mostrando que ações foram efetivas e no ponto correto do defeito. O resultado continuou relativamente constante até que no fim do treinamento operacional obteve-se outra queda de 12,9% para 3%, mostrando, novamente, a efetividade da ação. Com o processo funcionando de forma adequada e os envolvidos na operação treinados e capacitados o índice continuou em queda até chegar ao patamar de 1,6%. Este resultado foi superior àquele esperado pela meta, que era 10%, e além disso colocou a linha em um patamar de aprovação (5% limite de aprovação) confirmando, assim, que os estudos foram realizados de maneira correta e as ações destinadas aos pontos onde realmente havia relevância.

3.2.6 PADRONIZAÇÃO

Nesta etapa deve-se tomar ações no intuito de prevenir o reaparecimento do problema e isto foi feito através de treinamento e padrões operacionais. Caso o problema

volte a reincidir, o operador estará devidamente treinado e amparado com a documentação necessária para resolução da dificuldade. Além da criação de novos padrões, também foram revisados os já existentes para diminuir a chance de recorrência do defeito.

3.2.7 CONCLUSÃO DO PROJETO

Ações propostas e realizadas neste trabalho foram bastante eficientes uma vez que os resultados ultrapassaram àqueles estabelecidos pela meta. Isto se deu pela boa qualidade das análises dos dados tornando possível a detecção das causas que realmente influenciavam para o problema. Assim as ações se tornaram focadas e, como visto, bem efetivas.

4 CONCLUSÃO

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

Durante o estágio foram encontradas certas dificuldades que tiveram de ser superadas. Em seu período inicial, a falta de conhecimento técnico sobre solda intercell e a adaptabilidade com as rotinas da empresa mostraram-se um desafio, dada a dimensão da organização e a complexidade do processo de solda intercell. Porém, mesmo com as dificuldades, o trabalho pode ser realizado com uma boa taxa de êxito.

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

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

BIBLIOGRAFIA

- Acumuladores Moura S/A.* (10 de Junho de 2014). Fonte: Página virtual Moura : <http://www.moura.com.br/>
- BRACARENSE, D. A. (s.d.). *Processo de Soldagem por Resistência Elétrica.* UFMG.
- COPORATION, M. (s.d.). *Weld Checker MM-370B Operation Manual.* Miyachi.
- CORPORATION, U. M. (s.d.). *Operator Manual for the ISA-500CR Inverter Power Supply.* MIYACHI.
- KOU, S. (2003). *Welding Metallurgy.* Hoboken: Wiley-Interscience.
- PAVLOV, D. (2011). *Lead-Acid Batteries: Science and Technology.* ELSEVIER.
- PENTEADO, F. (s.d.). *Processo de Soldagem por Resistência Elétrica.*
- PEREIRA, A., & ALVES, M. (2006). *Baterias Automotivas.* Acumuladores Moura SA, Belo Jardim.
- SANTOS, D. A. (2001). *União de Componentes Metálicos por Soldagem.* São Paulo: Unicamp.
- SCHROER, T., & SNELL, R. J. (s.d.). *Testing and Verification of Intercell Welds.* Digatron/Firing Circuits.
- TSAI, C. L., DAI, W. L., DICKSON, D. W., & PAPRITAN, J. C. (1991). *Analyses and Development of a Real-Time Control Methodology in Resistance Spot Welding.*
- VAN RYMENANT, P. (2011). *Mechanical Characterisation and Modelling of Resistance Welding.* Cranfield University.
- ZHANG, H. (2006). *Resistance Welding Fundamentals and Applications.* Boca Raton: Taylor & Francis.

