

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS CURITIBA

CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

ALEXANDRE JULIANI REINO

RICARDO OLIVETO FRONZA

**COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM PARA
VALIDAR PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO PROCESSO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2015

ALEXANDRE JULIANI REINO

RICARDO OLIVETO FRONZA

**COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM PARA VALIDAR
PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO
PROCESSO**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Mecânico.

Orientador: Prof. Me. Tiago Rodrigues Weller.

CURITIBA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Proposta do Projeto de Pesquisa "COMPARATIVO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM PARA VALIDAR PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO PROCESSO", realizado pelos alunos Alexandre Juliani Reino e Ricardo Oliveto Fronza, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Me. Tiago Rodrigues Weller

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Me. João Carlos Roso

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Dr. Ossimar Maranhão

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 04 de Março de 2015.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a oportunidade nos dada ao realizar esse trabalho tanto ao orientador Me. Tiago Rodrigues Weller e professores da banca Dr. Ossimar Maranhão e Me. João Carlos Roso, quanto à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que nos proporcionaram todo o conhecimento e apoio necessário.

RESUMO

REINO, A.J.; FRONZA, R.O. **Comparativo de equipamentos de soldagem para validar proposta de instalação de um sistema de monitoramento do processo.** 2015. 95 f. Proposta de Projeto e Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de curso 2, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Neste trabalho, buscou-se apresentar a validação de um sistema de controle e monitoramento instalado em uma nova linha de produção comparado a uma linha que não utiliza esse sistema através da análise da qualidade e eficiência da soldagem em uma empresa de equipamentos agrícolas, tendo como base o processo de soldagem MIG/MAG. Para o processo, foram definidos os parâmetros de entrada da soldagem como velocidade de alimentação do arame e tensão dentro dos limites recomendados pela empresa, realizado oito soldagens de três componentes do produto e levantado os dados utilizados na análise. Foram tiradas fotografias para análise visual do cordão de solda e levantado os dados de consumo de energia e arame das duas linhas de produção. Como resultado final, pôde-se observar uma melhora na qualidade dos cordões e uma ligeira economia em relação ao consumo de energia. Já do arame não teve grande variação. Através dessas análises foi justificada a instalação do sistema de monitoramento do processo.

Palavras-chave: Soldagem. Monitoramento. Controle. MIG/MAG.

ABSTRACT

REINO, A.J.; FRONZA, R.O. **Comparativo de equipamentos de soldagem para validar proposta de instalação de um sistema de monitoramento do processo.** 2015. 95 f. Proposta de Projeto e Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de curso 2, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

In this research, our focus was on presenting the validation of a control and monitoring system installed in a new production line compared to one that does not use this system through quality analysis and welding efficiency on an agricultural equipment company, based on MIG/MAG welding process. For the process, welding of input parameters were defined as wire feed speed and voltage (tension) within the limits recommended by the company, holding eight welding of three components of the product and raised the data used in the analysis. Photographs were taken for visual analysis of the welding cord and raised the wire and energy consumption data of the two production lines. As result, an improvement can be observed in the quality of the cords and a slight economy in the power consumption. The wire on the other hand had no major variation. Through these analyzes, the installation of the process monitoring system was justified.

Keywords: Welding. Monitoring. Control. GMAW.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do equipamento MIG/MAG.....	15
Figura 2. Plasma de solda e suas regiões.	19
Figura 3. Corrente média para transferência por spray.....	22
Figura 4. Fluxo de gás de proteção para diferentes geometrias.	24
Figura 5. Relação entre velocidade de soldagem e penetração do cordão.....	27
Figura 6. Caracterização da corrente pulsada.....	29
Figura 7. Estrutura da Comunicação do modelo CheckPoint™.	31
Figura 8. Estrutura da Comunicação do modelo Production Monitoring™.	33
Figura 9. Estrutura do TPS.....	34
Figura 10. Modelo de processos para gestão da qualidade.....	42
Figura 11. Diagrama da trilogia de Juran.	44
Figura 12. Ciclo PDCA.	45
Figura 13. Gráfico da melhoria contínua com base no ciclo PDCA.....	46
Figura 14. Fluxograma do projeto.	49
Figura 15. Corrente média para transferência por spray com valor indicado da corrente utilizada.	53

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Configuração da instalação.....	50
Fotografia 2. Notebook em conexão com a máquina e recebendo os dados.....	51
Fotografia 3. Painel da máquina na linha nova indicando os parâmetros selecionados.	54
Fotografia 4. SOP utilizado nas operações.	55
Fotografia 5. Cordão de solda realizado na linha antiga.	57
Fotografia 6. Cordão de solda realizado na linha antiga.	58
Fotografia 7. Cordão de solda realizado na linha antiga.	58
Fotografia 8. Cordão de solda realizado na linha antiga.	59
Fotografia 9. Cordão de solda realizado pela Lincoln Power Wave.	60
Fotografia 10. Cordão de solda realizado pela Lincoln Power Wave.	60
Fotografia 11. Cordão de solda realizado pela Lincoln Power Wave.	61
Fotografia 12. Cordão de solda realizado pela Lincoln Power Wave.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tempo de arco aberto para cada cordão do componente A na linha antiga.	62
Tabela 2. Consumo de energia elétrica para o componente A.....	63
Tabela 3. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente A.	64
Tabela 4. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente B.	64
Tabela 5. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente C.....	64
Tabela 6. Massa média de arame em gramas depositado na junta.	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A – Ampère

V – Volts

mm – Milímetros

m – Metros

h – horas

min - Minutos

kWh - Quilowatt-hora

MIG – *Metal Inert Gas*

MAG – *Metal Active Gas*

TPS – *Toyota Production System*

JIT – *Just-In-Time*

SOP – *Sheet of Process*

TIG – *Tungsten Inert Gas*

E – Energia de soldagem

CI – Calor imposto

CF – Calor efetivo de fusão

u – Tensão do arco

i – Corrente de soldagem

V_s – Velocidade de soldagem

CO_2 – Gás carbônico

Ar – Argônio

He – Hélio

t_p – Período de pulso

t_b – Período de base

I_m – Corrente média

I_p – Corrente de pulso

I_b – Corrente de base

T – Tempo de pulso

ZF – Zona fundida

TQC – *Total Quality Control*

ISO – *International Organization for Standardization*

IEC – *International Electrotechnical Commission*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SGQ – Sistema de gestão de qualidade

NBR – Norma brasileira

PDCA – *Plan, do, check e action* – Planejar, executar, verificar e agir

CCPR – Corrente contínua com polaridade reversa

CCPD – Corrente contínua com polaridade direta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.2	PROBLEMA	11
1.3	OBJETIVO	11
1.3.1	Objetivos Específicos	12
1.4	JUSTIFICATIVA	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	SOLDAGEM	13
2.1.1	Processo de Soldagem MIG/MAG	14
2.1.2	Características Gerais	16
2.1.3	Parâmetros de soldagem	17
2.1.4	O Arco Voltaico	18
2.1.5	Transferência metálica	21
2.1.6	Gases de Proteção	23
2.1.7	Cordão de Solda	25
2.1.8	Descontinuidades Comuns em Soldas	27
2.1.9	MIG/MAG Pulsado	29
2.2	SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO	30
2.2.1	<i>Checkpoint™</i>	31
2.2.2	<i>Production Monitoring™</i>	32
2.3	PROCESSOS PRODUTIVOS	33
2.3.1	História do TPS	34
2.3.2	<i>JIT</i>	35
2.3.3	<i>Jidoka</i>	35
2.3.4	<i>Takt time</i> , método e volume	35
2.4	GESTÃO DA QUALIDADE	36
2.4.1	A Evolução da Qualidade	36
2.4.2	Inspeção	37
2.4.3	Controle Estatístico de Qualidade	38
2.4.4	Garantia de Qualidade	38
2.4.5	Gestão Estratégica de Qualidade	40
2.4.6	Normas ISO	40
2.4.7	Padronização e Melhoria	43
3	METODOLOGIA	47
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	47
3.2	PLANO DE PESQUISA	48
4	PROCEDIMENTO REALIZADO	50
4.1	INSTALAÇÕES	50
4.2	INSTRUÇÕES	51
4.3	PARÂMETROS	52
4.4	EXPERIMENTO	54
4.5	COLETA DE DADOS	55
4.6	ANÁLISES	56
4.6.1	CORDÃO DE SOLDA	56
4.6.2	CONSUMO DE ENERGIA	56

4.6.3	CONSUMO DO ARAME	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1	Aspecto do cordão	57
5.1.1	Análise visual	57
5.2	Consumo de Energia	62
5.3	Consumo de eletrodo	63
6	CONCLUSÕES	66
7	PROPOSTAS FUTURAS	68
	REFERÊNCIAS	69
	ANEXO A – TELAS DO POWERWAVE™	72
	ANEXO B – TELAS DO CHECKPOINT™	74
	ANEXO C – TELAS DO PRODUCTION MONITORING™	78
	ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (E.P.S.) PADRÃO DA EMPRESA	80
	ANEXO E – MÉDIA ARITMÉTICA DOS DADOS COLETADOS PELO PRODUCTION MONITORING™ NOS OITO TESTES	82
	ANEXO F – MANUAL DE INSPEÇÃO VISUAL PARA CORDÕES DE SOLDA	92
	ANEXO G – MANUAL DE INSPEÇÃO VISUAL PARA CORDÕES DE SOLDA	94

1 INTRODUÇÃO

No cenário empresarial atual, como consequência do capitalismo financeiro cada vez mais presente na sociedade, torna-se perceptível a crescente busca pelo aumento da produtividade e constante lucratividade das empresas como reflexo de um conceito taylorista envolvidos nas operações (CONTADOR, 1994).

Tomando como exemplo uma indústria de manufatura e tendo em vista um mercado diversificado e cada vez mais exigente, opta-se por otimizar a produção de uma forma objetiva, em que todos os parâmetros e etapas dos processos de produção são cuidadosamente planejados e controlados, visando a diminuição de custos e prazos de fabricação (CONTADOR, 1994).

Outra preocupação que é observada bem a fundo é com relação à qualidade dos produtos e serviços. Um bom serviço e um produto de confiança garantem um cliente satisfeito e que certamente voltará a comprar ou até mesmo indicar a empresa em questão.

Nesse meio, soldagem é um dos processos de fabricação que apresenta uma importância elevada na confecção de muitos produtos manufaturados, pois garante estabilidade de junções e alta resistência, o que é fundamental para a segurança dos equipamentos/produtos (MARQUES, 2009).

Na maioria dos casos, por ser um processo manual, a eficiência da soldagem é determinada pelos parâmetros selecionados, eletrodo utilizado e habilidade do operador. Com isso o processo encontra-se suscetível a erros. Sendo assim, torna-se útil a ferramenta de gestão de qualidade sobre esse processo, o que ajuda a diminuir as perdas por erros de operação e procura padronizar as tarefas de forma correta (MARQUES, 2009).

1.1 TEMA

A importância da otimização da produção é determinante para um aumento da produtividade. Relacionado a isso, diretamente está a diminuição das perdas e prejuízos durante todo o processo.

Analisando especificamente o processo de soldagem de uma empresa com produção enxuta, pode-se observar a influência de alguns parâmetros fundamentais,

tais como velocidade de alimentação do arame, corrente e tensão elétrica. A partir disso, mostra-se útil um comparativo entre o processo de soldagem de uma nova linha de produção com a instalação de um sistema informatizado e uma antiga linha de produção sem esse sistema, juntamente com os controles de qualidade, para validar a efetividade dessa nova linha.

1.2 PROBLEMA

A eficiência da soldagem tem uma forte ligação com a habilidade do operador em realizar a operação. Como o processo depende não só de um único parâmetro, são frequentes os erros operacionais principalmente quando os ajustes desses parâmetros não são feitos como o especificado para o processo.

Dentre as principais consequências associadas aos erros de parâmetros e erros operacionais, pode-se destacar desperdício de material, consumo de energia e desgaste do equipamento, além de problemas relacionados à superfície soldada como descontinuidades no cordão de solda, porosidade e deposição insuficiente de arame ocasionando uma solda incompleta. Itens esses que se somam como prejuízos para a empresa sejam por manutenção, desperdício, tempo de produção ou aumento de custos.

1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é validar a instalação de um sistema de controle do processo de soldagem em uma nova linha de produção através da comparação da qualidade da soldagem dessa linha com outra que não utiliza essa ferramenta e a realização de análises de economia e melhora do aspecto das soldas.

Para isso, deverá ser feito um levantamento de dados do processo em funcionamento para posterior análise e assim poder verificar se este sistema é eficiente na economia de insumos, que é a principal abordagem para a sua implantação.

Será necessário entender melhor o tipo de processo produtivo, os parâmetros de soldagem para a solda MIG/MAG que influenciam nas variantes deste sistema.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Validar o processo de soldagem através da análise do aspecto do cordão baseado no manual de inspeção visual de aceitação da empresa conforme ANEXO G;
- Comparar o consumo de energia das duas linhas de produção;
- Comparar o consumo de arame das duas linhas de produção;

1.4 JUSTIFICATIVA

Grande parte dos prejuízos sofridos pelas empresas atualmente são devido à falta de controle no processo produtivo. Com base nesta afirmação, impõe-se então uma necessidade de aplicação de ferramentas que ampliem a área de atuação do planejador de produção no processo. O sistema estudado deve auxiliar na economia do material depositado e energia elétrica, além de registrar a contagem do número de cordões de solda e melhoraria da qualidade dos mesmos.

Com uma melhoria na qualidade do processo de soldagem influenciada pelo controle dos parâmetros do processo pode-se evitar a ocorrência dos problemas de descontinuidades comuns nas soldas.

Para a implantação deste sistema, foi necessária a utilização de máquinas de soldagem que possuem essa tecnologia. Para o caso estudado, foi utilizada a máquina Power Wave® S350 K2823-3 da Lincoln Electric®. Estas máquinas possuem a conectividade por cabos Ethernet ou a possibilidade de um adaptador wireless para a comunicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOLDAGEM

Dentre os principais processos de fabricação, o mais importante utilizado industrialmente na união de metais é a soldagem (MARQUES, 2009), cujo principal objetivo é de uni-los através de uma deposição de material (eletrodo) ou aquecimento localizado, que por aproximação dos átomos ou moléculas ocorre a formação de ligações químicas (processo baseado em forças microscópicas).

Nos metais as ligações permanentes não ocorrem com a simples aproximação e contato devido à superfície extremamente rugosa mesmo quando polida, o que impede a aproximação efetiva entre as duas superfícies. Outro motivo que faz com que essa aproximação não ocorra é devido à camada de óxidos, poeira, gorduras, umidade, etc. presente na superfície do material (MARQUES, 2009).

Para superar esses obstáculos, dois métodos principais são utilizados e formam os dois grandes grupos de processos de soldagem. O primeiro método é o processo por deformação, que através do aquecimento da superfície e pressão de uma contra a outra, permite uma deformação e faz com que essa aproximação da ordem de r_0 seja possível, entre os átomos, efetivando então a união das juntas. O outro método chamado de soldagem por fusão ocorre através de uma aplicação localizada de calor na junta. Essa união pode ocorrer com a fusão entre duas superfícies ou entre a superfície e o metal de adição.

Como exemplo de processos por deformação, pode-se destacar o forjamento, o ultrassom, fricção, explosão, difusão, entre outros. Já para processos de soldagem por fusão, diversos subgrupos determinam o tipo de processo por fusão envolvido. Esses subgrupos podem ser determinados pela fonte de calor, tipo de corrente e polaridade utilizada, agente protetor ou até mesmo aplicações. Soldagem por arco submerso, eletrodo revestido, arame tubular, MIG/MAG, TIG, plasma e a laser são alguns exemplos de processos por fusão (MARQUES, 2009).

Porém, como base desse estudo, o processo utilizado na empresa analisada é feito por processo de fusão MAG, denominado usualmente por processo de soldagem MIG/MAG. Portanto, será o foco dessa revisão a partir daqui.

2.1.1 Processo de Soldagem MIG/MAG

O processo MIG/MAG se baseia na fonte de calor em um arco elétrico que se mantém entre o metal base e o arame nu consumível (SCOTTI, 2008). Para isso, é necessária também uma proteção da região a ser soldada.

Nas últimas décadas, os gases de proteção que estão sendo utilizados para soldagem de aço carbono são o argônio (Ar), o dióxido de carbono (CO_2) e o hélio (He). Estes podem ser usados puros ou misturados entre si (TATAGIBA, 2012).

Em algumas aplicações também pode ser adicionado o oxigênio (O_2) à mistura ou elementos redutores como o hidrogênio (H_2) e o nitrogênio (N) (TATAGIBA, 2012).

Essa proteção é classificada em dois tipos (SCOTTI, 2008): por gás inerte (Argônio e Hélio) ou por gás oxidante (Gás carbônico ou Oxigênio, podendo ser misturado ao nitrogênio ou hidrogênio).

A nomenclatura MIG/MAG referencia-se à *Metal Inert Gas* (proteção para um gás, ou mistura, inerte) e a *Metal Active Gas* (mistura entre gás inerte e um ou mais dos gases ativos ou o Gás carbônico puro). Qualquer proporção não nula de gás oxidante na mistura, já o caracteriza o processo como MAG.

Existem duas formas de aplicação por esse processo MIG/MAG. Uma delas é de forma automática que é quando uma máquina é responsável pelo movimento da tocha de soldagem, e a outra é semiautomática, quando o responsável por esse movimento é o próprio operador (soldador). O arame consumido tem a função de condutor elétrico e é alimentado mecanicamente em ambos os casos. Isso determina também que os parâmetros como velocidade de alimentação e comprimento do arco sejam constantes (SCOTTI, 2008).

Na Figura 1 está representado um esquema do equipamento do processo de MIG/MAG semiautomático.

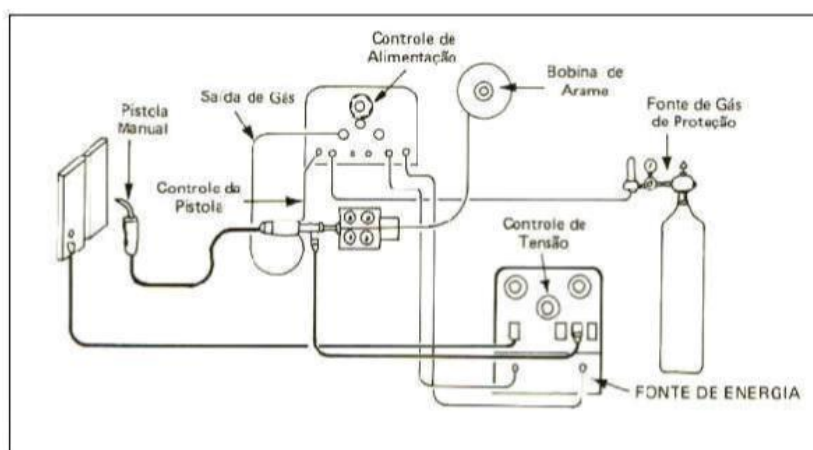


Figura 1. Esquema do equipamento MIG/MAG.

Fonte: FBTS (1984).

O equipamento básico da soldagem MIG/MAG é composto pelos seguintes componentes (SCOTTI, 2008):

- Fonte de energia;
- Alimentador de arame;
- Tocha de soldagem;
- Fonte de gás de proteção (cilindro ou fornecimento centralizado) com regulador de pressão e fluxômetro.

A fonte de energia possui o objetivo básico de fornecer energia. Ela deve ser capaz de produzir corrente e tensão a níveis exigidos pelo processo a ser realizado, deve permitir regulagens dos valores definidos e ser capaz de controlar a variação da intensidade e forma dos sinais de corrente ou tensão de acordo com a necessidade do processo.

A função do alimentador de arame é impulsionar o arame na direção da tocha. Trabalha de modo interligado com os sistemas de controle e protege o arame contra poeira e objetos estranhos.

As tochas de soldagem estão integradas ao alimentador de arames. Essa configuração fonte-alimentador-tocha pode ser dada por diferentes configurações dependendo da sua finalidade, condições de uso, espaço físico de trabalho, tipo de produção, entre outros. A configuração utilizada no processo desse presente estudo

é de um alimentador distanciado da fonte utilizando um console, que suspende a mangueira de alimentação para não obstruir o espaço no chão e facilitar manuseio da tocha pelo operador.

2.1.2 Características Gerais

As vantagens e limitações do processo são dadas a seguir:

Vantagens (WAINER, 2002):

- Processo semiautomático bastante versátil, podendo ser adaptado facilmente para a soldagem automática;
- O eletrodo nu é alimentado continuamente;
- A soldagem pode ser executada em todas as posições;
- A velocidade de soldagem é elevada;
- Taxa de deposição elevada devido à densidade de corrente alta na ponta do arame;
- Não há formação de escória e, conseqüentemente, não se perde tempo na sua remoção, nem se corre o risco de inclusão de escória na soldagem em vários passes;
- Penetração de raiz mais uniforme que no processo com eletrodo revestido;
- Processo com baixo teor de hidrogênio que, no caso de eletrodos nus, fica ao redor de 5ppm/100g de metal;
- Problemas de distorção e tensões residuais diminuídos;
- Soldagem com visibilidade total da peça de fusão;
- Soldagem;
- Facilidade de execução da soldagem;
- O soldador pode ser facilmente treinado para soldar em todas as posições.

Com a facilidade de automação e variedade enorme de materiais que podem ser produzidos a partir desse tipo de solda, suas aplicações são cada vez maiores (TATAGIBA, 2012).

Limitações (WAINER, 2002):

- Maior velocidade de resfriamento por não haver escória, o que aumenta a ocorrência de trincas, principalmente no caso de aços temperáveis;
- A soldagem deve ser protegida de correntes de ar;
- Como o bocal da pistola precisa ficar próximo do metal-base a ser soldado, a operação não é fácil em locais de acesso difícil;
- Projeções de gotas de metal líquido durante a soldagem;
- Grande emissão de raios ultravioletas;
- Equipamento de soldagem mais caro e complexo que o do processo com eletrodo revestido;
- Equipamento menos portátil que o do processo com eletrodo revestido.

2.1.3 Parâmetros de soldagem

O modo de transferência metálica é influenciado pela intensidade de soldagem e de sua polaridade (WAINER, 2002). Com relação a essa polaridade, destacam-se dois tipos. Corrente contínua com polaridade reversa CCPR (+) e corrente contínua com polaridade direta CCPD (-). O CCPR geralmente é o tipo de corrente utilizado em MIG/MAG. Utilizando o argônio ou misturas que contenham quantidades altas de argônio, podem-se obter quatro tipos diferentes de transferência metálica, dependendo do valor da corrente e se esta é ou não pulsada. Para misturas ricas em gás carbônico ou hélio, só é possível obter transferência globular (hélio, CO_2) ou de curto-circuito (CO_2). Já o CCPD acontece uma repulsão da gota do metal de base fundido, que é então repelida e pode ser desviada de sua trajetória normal, o que torna a transferência bem instável, o que dificulta a soldagem.

A tensão de soldagem está diretamente ligada com o comprimento do arco. Para uma tensão baixa, têm-se um comprimento de arco pequeno. Para tensões bem baixas (abaixo de 22V), a transferência por curto-circuito é facilitada dependendo da corrente utilizada. Acima desse valor, facilita a formação de transferência globular ou pulverizada axial (WAINER, 2002).

Relacionado a essa tensão, está a potência do arco (V.I), que influencia na largura do cordão de solda. Controlando o valor da corrente mantendo-o constante e variando a tensão, é possível obter diferentes larguras para o cordão.

Para valores muito altos de tensão, podem aparecer defeitos na qualidade da solda como mordeduras, porosidade ou excesso de respingos. Assim como para valores muito baixos, que também favorecem o aparecimento de porosidade e sobreposição (WAINER, 2002).

Outro importante parâmetro é a velocidade de alimentação do eletrodo nu. Aumentando essa velocidade, diminui-se o comprimento do arco, aumenta o comprimento do eletrodo nu e, portanto a energia necessária para fundi-lo.

2.1.4 O Arco Voltaico

O arco voltaico é uma região denominada de plasmática, que fica localizada entre a ponta do eletrodo e o metal de base a ser soldado. Por ela passa uma quantidade intensa de corrente produzindo luz e calor. Esse arco age como fonte de calor para a fusão na união dos metais. Para que isso seja possível, é necessária uma cortina de proteção gasosa. Esses gases possuem características de não serem condutores de eletricidade em condições normais. Porém, em condições favoráveis (alta temperatura, baixíssima pressão ou submetidos a um campo elétrico de alta intensidade) como visto nos processos de soldagem, eles podem se ionizar. Com essas características, o gás passa para o quarto estado da matéria denominado plasma. O plasma por sua vez conduz eletricidade (SCOTTI, 2008).

Esse plasma é constituído por três regiões, a coluna de plasma, regiões anódica e catódica como pode ser visto na Figura 2. Essas três regiões estão sujeitas a passagem de corrente elétrica e são acompanhadas por complexas reações eletrônicas e químicas, que resultam em geração de calor e luz. Através dessas reações se obtém a fusão do eletrodo propiciando assim a solda do material.

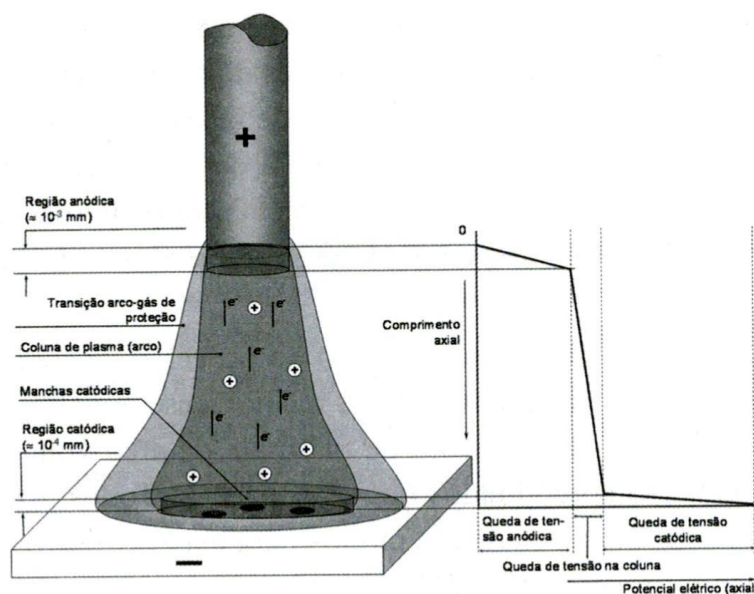


Figura 2. Plasma de solda e suas regiões.

Fonte: Scotti (2008).

Para uma melhor eficiência do processo, é importante compreender os princípios de abertura e manutenção do arco.

Para a formação do arco, muito importante no processo MIG/MAG é a região catódica (SILVA, 2007). A partir dela, os elétrons, que são responsáveis pela condução da corrente de soldagem, fluem pelo arco.

Segundo Scotti (2008), a abertura do arco depende das condições de ionização dos gases e vapores metálicos e da capacidade das superfícies do eletrodo consumível e da peça de emitir e receber elétrons. As condições são atingidas ao se aquecer essas superfícies do eletrodo consumível e da peça. Esse aquecimento é obtido por efeito Joule, através de um curto-circuito entre a ponta do eletrodo e a peça. Ao entrar em curto-circuito, a resistência, que era infinita, se reduz drasticamente reduzindo a tensão e aumentando bruscamente a corrente. Essa

corrente elevada gera calor localmente e faz com que a zona de contato dos metais se funda, chegando até a vaporizá-lo. Com a acelerada fusão da ponta do eletrodo, a taxa de fusão se torna maior do que a velocidade de alimentação do arame e conseqüentemente faz com que a ponta do arame se separe do metal base.

As condições de surgimento do arco são muito favoráveis logo após a separação da ponta do eletrodo e do metal base. Dentre elas pode-se destacar:

- Para o surgimento das regiões catódica e anódica, é necessário não mais do que 10 μm de distância de separação;
- A pequena distância faz com que a tensão por unidade de comprimento (tensão específica ou gradiente de tensão) se torne muito elevada (valores até 3×10^6 V/mm) que favorece a ionização dos gases e vapores ao redor;
- A transferência de elétrons na região é favorecida devido ao estado líquido superaquecido das duas superfícies;
- A tensão disponível é instantaneamente aumentada devido à tensão gerada pela força contra eletromotriz somada a tensão disponibilizada pela fonte.

Com o surgimento do arco, a corrente passa a fluir através da região plasmática. Essa corrente faz com que os elétrons sejam acelerados, sempre do polo negativo para o positivo, se chocando com os átomos do gás de proteção, que estão misturados com o plasma existente, ionizando-os. Isso faz com que se estabeleça a formação final da coluna de arco.

Como dito por Scotti (2008), essa recente ionização dos átomos do gás faz com que a coluna de plasma perca calor para o meio ambiente, deionizando-os. Portanto, para se obter uma manutenção do arco deve existir um equilíbrio entre a ionização dada pelo choque entre os elétrons e os átomos e a deionização entre a coluna de plasma e o ambiente.

Para garantir uma boa efetividade na solda, todos os parâmetros devem ser cuidadosamente controlados. Entre esses parâmetros, os mais importantes e significativos estão a corrente e a tensão de entrada de soldagem. Eles devem, além de satisfazer os critérios iniciais, permanecer dentro dos limites de tolerância

exigidos durante todo o processo para evitar defeitos na solda. Esses parâmetros têm outra importante função além das principais (fornecer um arco elétrico com as características desejadas para a soldagem) que é de registrar a maior parte das peculiaridades do processo da soldagem através das curvas de tensão e corrente.

Como a ideia desse presente estudo é a de analisar a produtividade de uma nova linha de montagem e compará-la com a linha que já vem sendo utilizada na produção, esses dados acabam se tornando mais específicos e aprofundados, os quais não serão monitorados nesse trabalho.

2.1.5 Transferência metálica

Dependendo das configurações utilizadas para os parâmetros como corrente e tensão, gases de proteção e diâmetro de eletrodos, por exemplo, é possível obter diferentes tipos de transferência metálica. Dentre elas, podemos destacar quatro tipos: Globular, por curto circuito, por pulverização axial ou spray e por arco pulsado (WAINER, 2002).

A globular ocorre para baixas densidades de corrente e independe do gás de proteção utilizado. Forma uma gota grande causando dificuldade na solda fora de posição. O calor gerado tem intensidade média comparado com os outros tipos e esse tipo de transferência tem como desvantagem a possibilidade de ocorrência de falta de penetração, falta de fusão e/ou reforço do cordão de solda excessivo.

Para a transferência por curto-circuito, são necessários diâmetros menores de arames e valores mais baixos de corrente quando comparado com a globular. Também independe do tipo de gás. A gota que se forma na ponta do eletrodo forma o curto-circuito ao tocar na poça de fusão. Com isso, é puxada através da tensão superficial da poça e isso facilita a soldagem em todas as posições. O calor na poça é menor do que na globular podendo então soldar chapas finas. A penetração não muito grande, respingos e instabilidade do arco são as limitações desse tipo de transferência (WAINER, 2002).

Para grandes densidades de corrente, têm-se a transferência por pulverização ou spray. É utilizado para o argônio e misturas ricas em argônio como gás de proteção. A gota formada tem diâmetro menor que o eletrodo e é direcionada

axialmente. Tem elevada geração de calor tornando-se adequada somente para chapas mais grossas. Tem penetração elevada e arco suave.

Para determinação da corrente média para esse tipo de transferência metálica pode-se utilizar a Figura 3. Nela está representado um gráfico da relação do diâmetro do arame e da velocidade de alimentação.

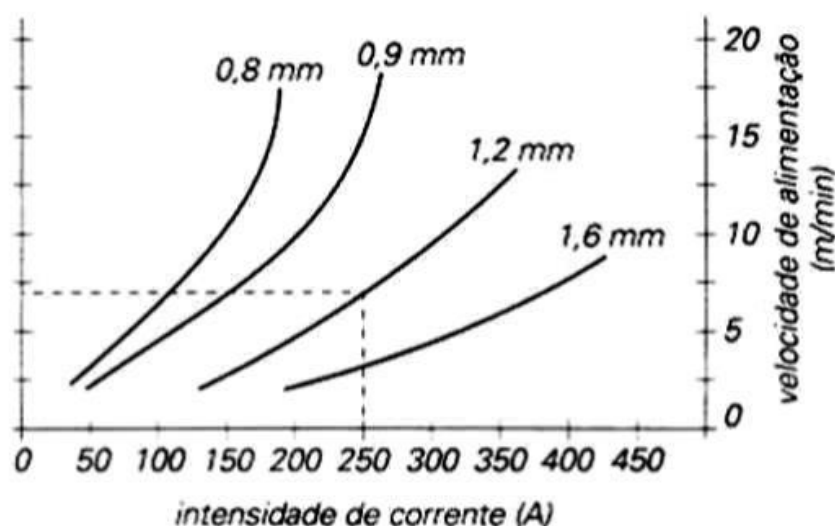


Figura 3. Corrente média para transferência por spray.

Fonte: Infosolda.

A transferência pulsada se dá quando o equipamento gera dois níveis de corrente. No primeiro nível, a corrente de base é baixa e não há transferência. No segundo a corrente é elevada e ocasiona o desprendimento de uma única gota. Com isso consegue-se uma transferência por pulverização, porém com uma corrente e quantidade de calor gerado mais baixo. Espessuras bem menores são utilizadas quando comparado com a pulverizada e consegue-se soldar em todas as posições.

Com isso, torna-se útil a transferência pulverizada axial devido às suas características de estabilidade e alta taxa de deposição desde que respeitadas suas limitações, ou a pulsada para necessidades de espessuras menores ou posição de soldagem. A globular, devido ao grande número de respingos, não é muito utilizada sendo substituída pela curto-circuito na maioria das vezes, diminuindo assim a distância do arco (WAINER, 2002).

2.1.6 Gases de Proteção

O principal objetivo dos gases é de proteger a poça de fusão do oxigênio presente no ar atmosférico e todos seus efeitos nocivos à junta soldada. Além disso, associado às características dos metais de adição utilizados e do tipo de fonte de energia utilizado pode melhorar a qualidade, funcionamento e produtividade da solda de aços, aços inoxidáveis, ligas de alumínio e outras aplicações (TATAGIBA, 2012).

Alguns fatores devem ser levados em consideração na escolha do tipo de gás de proteção. Pode-se destacar o baixo custo, facilidade de manuseio, efeitos fisiológicos sobre as pessoas, geração de fumos e gases, estabilidade a altas temperaturas além da solubilidade do gás no metal fundido, que pode causar descontinuidades como a porosidade (TATAGIBA, 2012).

A capacidade do sistema em proteger o sistema dos gases do ambiente é fundamental para garantir uma melhor eficiência da proteção sobre a solda (SCOTTI, 2008). Para isso pequenos detalhes devem ser observados, independente do tipo de gás utilizado no processo, como a configuração do bocal e fluxo do gás sobre a solda. Para um maior valor de corrente, maiores valores de fluxo são utilizados e vice-versa. Valores muito elevados ou muito baixos podem causar efeitos negativos como diminuir a eficiência da proteção ou causar falha na proteção da região. Fluxos diferentes são utilizados também quando há variação na geometria ou posição da solda na junta como mostrado na Figura 4. Porém, a forma de se determinar o fluxo ideal é totalmente empírica, visto que não existe uma fórmula para determiná-la. Portanto, vale destacar que a habilidade do operador tem um significado importante na efetividade da proteção, pelos gases.

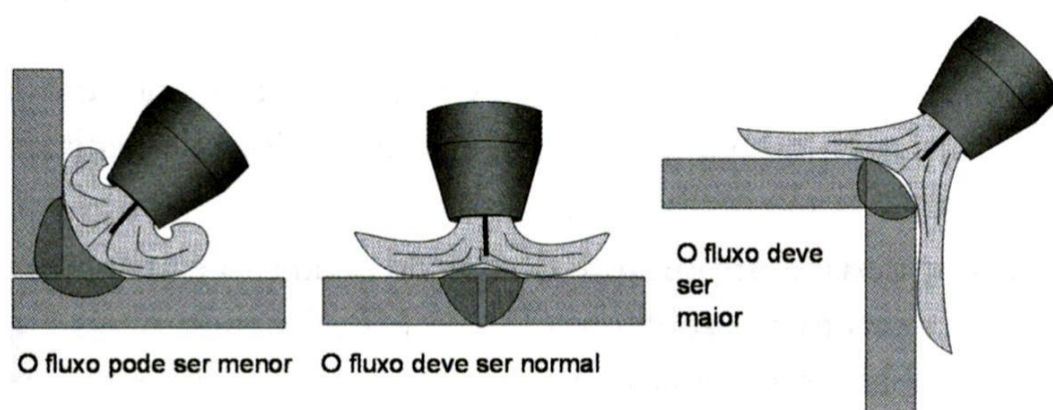


Figura 4. Fluxo de gás de proteção para diferentes geometrias.
Fonte: Scotti (2008).

Muito utilizados na indústria são as misturas entre os principais gases de proteção descritos anteriormente, para atender as exigências de qualidade da solda. Uma das utilizadas é a mistura de argônio e de dióxido de carbono e é também a mistura utilizada na empresa desse estudo. Uma maior proporção de CO_2 aumenta a estabilidade do arco quando trabalhando com metais ferrosos, melhora o desempenho do gás em soldagem por curto-circuito além de deixa-lo mais “quente”. A faixa de utilização de gás carbônico à mistura depende da espessura da chapa a ser soldada. Quanto maior a espessura, maior a porcentagem do gás carbônico (SCOTTI, 2008).

Levando em consideração somente a mistura de gás utilizada nesse estudo (Argônio + 10% Dióxido de Carbono), podem-se destacar algumas características.

Para o processo de transferência metálica por spray ou pulsada, o Argônio é o mais indicado sobre o Hélio devido a sua facilidade de ignição e boa estabilidade do arco com uma penetração centralizada, além do menor custo. Na mistura com o Dióxido de Carbono, o gás proporciona boa estabilidade na soldagem dos aços e até 25% de Dióxido de Carbono, permite a transferência por spray e pulsada (MARANHO, 318 slides). Já segundo ESAB (2005, 133 p.) devido à instabilidade, valores acima de 20% de Dióxido de Carbono, transferência por curto-circuito e globular acabam ocorrendo aleatoriamente.

As misturas entre Argônio e Dióxido de Carbono são utilizadas em aços carbono e de baixa liga e bem limitada nos aços inoxidáveis (ESAB, 2005, 133 p.). O nível de respingo é reduzido nessa mistura com relação ao Argônio puro.

Para a proporção da mistura do gás utilizado, o dióxido de carbono garante uma boa penetração e baixa porosidade, principalmente quando comparados às misturas de argônio com oxigênio. De 5% a 10% de dióxido de carbono, o controle sobre a poça de fusão é facilitado e a tolerância à carepa é aumentada devido ao arco ser muito forte e definido (ESAB, 2005, 133 p.).

2.1.7 Cordão de Solda

Com relação às propriedades de formação do cordão, as diversas condições que o processo de soldagem pode ser submetido definem a zona fundida (ZF) no caso da soldagem por fusão (WAINER, 2002). No caso dos aços, o metal de adição é transferido para a poça de fusão na forma de gotas aquecidas e com temperaturas muito elevadas.

Na parte da poça de fusão logo abaixo do arco, onde estão presentes as maiores temperaturas (acima de 2000°C), é onde o metal de adição é misturado ao metal base. Com intensa agitação, ocorre nessa etapa uma interação grande entre metal fundido com os gases e escórias presentes no processo. No caso da MIG/MAG não tem escória, mas há essa interação com os gases de proteção utilizados. Problemas de absorção de gases como, por exemplo, do hidrogênio pelo aço, alumínio ou cobre e/ou a volatilização de elementos com maior pressão de vapor como o zinco, cromo, cádmio e alumínio podem ocorrer nessa parte da poça (WAINER, 2002).

A intensidade dessas interações influencia na composição química final do cordão na zona fundida. Essa influência é conhecida como coeficiente de diluição e seu controle tem uma importância elevada principalmente na soldagem de materiais que tenham altos teores de elementos que prejudicam a zona fundida como o carbono e enxofre.

Na parte posterior da poça, a temperatura cai e ocorre a solidificação. Essa queda de temperatura ocasiona as reações descritas anteriormente de forma contrária. O material pode ficar supersaturado dos gases devido à queda da

solubilidade ou podem aparecer reações dos elementos com o oxigênio, que também tem uma queda na sua solubilidade, o que pode causar porosidade no cordão de solda ou inclusões devido a algum sólido ou líquido insolúvel na poça.

O tipo de processo e procedimento de soldagem utilizado influencia nesses problemas (WAINER, 2002). Controlam-se então os parâmetros e variáveis como, por exemplo, os gases de proteção, composição do metal base e de adição e presença de desoxidantes caracterizando os diferentes tipos de soldagem encontrados, a fim de minimizar essas falhas e atender às necessidades do processo.

Depois de solidificada, a ZF continua sofrendo modificações até o resfriamento completo. Durante esse resfriamento, algumas características que continuam se alterando são: crescimento de grão, formação de carbonetos, nitretos, fases intermetálicas e transformações de fase. Mudanças que são influenciadas pela composição química, velocidade de resfriamento e tamanho e quantidade de inclusões (WAINER, 2002).

Essas características da solidificação inicial e da secundária e presenças de descontinuidades determinam as propriedades finais da zona fundida.

Em relação aos parâmetros de soldagem, uma relação importante de ser observada é entre a velocidade de soldagem e a penetração do cordão. Elas são afetadas pelo efeito da energia imposta e pelo efeito da sobreposição da poça de solda. A Figura 5 ilustra essa relação. Como se pode perceber, o efeito da energia que é imposta diminui com o aumento da velocidade de soldagem aumentando assim a penetração do cordão. Porém, a partir de certo ponto de velocidade, os efeitos de sobreposição da poça começam a prevalecer, e essa penetração começa a diminuir. Portanto, a velocidade de soldagem ideal é aquela que coincide com o maior ponto de penetração do cordão para essa relação (SCOTTI, 2008).

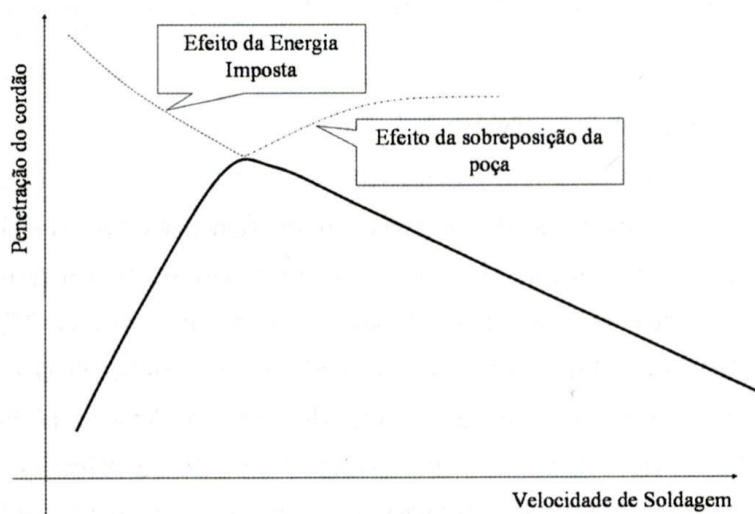


Figura 5. Relação entre velocidade de soldagem e penetração do cordão.

Fonte: Scotti (2008).

2.1.8 Descontinuidades Comuns em Soldas

De acordo com exigências de qualidade (normas), as descontinuidades podem ser descritas como um defeito, algo que exija uma ação corretiva. Portanto, são indesejáveis e devem ser evitadas. Uma classificação dessas descontinuidades pode ser definida por três categorias básicas: descontinuidades dimensionais, descontinuidades estruturais e propriedades inadequadas. Para as descontinuidades dimensionais tem-se a distorção, dimensões incorretas na solda e perfil incorreto da solda. Para as estruturais destacam-se a porosidade, inclusões, falta de fusão, falta de penetração, mordeduras e trincas. Já para as propriedades inadequadas são representadas pelas propriedades mecânicas e químicas (WAINER, 2002).

Para uma inspeção visual, podem-se monitorar algumas dessas descontinuidades como, por exemplo, as dimensionais e estruturais. Já as propriedades mecânicas e químicas precisam de análises diferenciadas, que não será tratado nessa proposta.

As descontinuidades dimensionais são causadas por erros operacionais. Podem ser minimizadas com um planejamento adequado para cada operação. Já as descontinuidades estruturais existem diversas causas. A porosidade pode ser causada por umidade excessiva, contaminação com óleo, graxa, ferrugem, etc.,

corrente ou tensão excessiva, correntes de ar, etc. Ela pode afetar as propriedades mecânicas reduzindo a seção efetiva da junta. Com isso, é vantajoso controlar a limpeza e condições da operação além da utilização dos parâmetros adequados (WAINER, 2002).

As inclusões aparecem devido às reações que acontecem durante a solidificação. Isso acontece devido à contaminação da poça de fusão. Os produtos dessas reações ficam presos no metal solidificado formando a inclusão. Como consequência, favorecem a formação de trincas e prejudica a tenacidade da solda. Para minimizar esse defeito, deve-se manipular adequadamente e proteger a região durante a soldagem evitando contaminação.

A falta de aquecimento durante a soldagem causa outra descontinuidade, a falta de fusão (WAINER, 2002). Isso se deve a manipulação incorreta ou energia de soldagem insuficiente. É um grande concentrador de tensões e ajuda na propagação das trincas. Utilizar os parâmetros corretamente é uma forma de garantir a energia necessária para fundir a junta totalmente.

A falta de penetração acontece principalmente em juntas mal projetadas (ângulos de chanfro e aberturas pequenos), corrente baixa, velocidade de soldagem alta ou diâmetro do eletrodo muito grande. Também é um alto concentrador de tensões e reduz a seção útil da solda. Para evitar, deve-se projetar corretamente a junta e utilizar os parâmetros corretamente (WAINER, 2002).

A falta de preenchimento total na margem do cordão de solda determina a mordedura. Está relacionada principalmente a manipulação incorreta do eletrodo, comprimento excessivo do arco e corrente ou velocidade de soldagem muito elevadas. Atua como concentrador de tensões e reduz a área útil. Reduz-se também a resistência à fadiga.

As trincas são consideradas as descontinuidades mais graves da solda (WAINER, 2002). São fortes concentradores de tensão e favorecem o início da fratura frágil. Concentradores de tensão e presença de elementos (particularmente o hidrogênio) favorecem a ocorrência de trincas. Existem trincas externas (detectáveis em inspeção superficial) e internas (não visíveis superficialmente). Podem ser macroscópicas ou microscópicas e podem ser formadas durante qualquer etapa do

processo. O controle de trincas é de extrema importância para garantir a resistência da solda.

2.1.9 MIG/MAG Pulsado

O tipo da transferência metálica tem sido monitorado e aperfeiçoado nos últimos anos como forma de inovação do processo. Essas inovações não vêm substituir os modos já existentes curto-circuito e goticular, mas sim se adequar quando exigências especiais justificam maiores investimentos. O processo MIG/MAG Pulsado apareceu com a finalidade de relacionar as melhores características das soldagens por curto-circuito e goticular em um único processo obtendo uma transferência com pouco ou nenhum respingo, controlada, com um bom acabamento no cordão e utilizando uma corrente bem baixa. Para isso, controla-se a transferência das gotas através do sinal da corrente da soldagem. Essa corrente oscila entre dois níveis chamados de corrente de base (I_b) e corrente de pulso (I_p), como ilustrado na Figura 6. A corrente de base tem como função somente manter o arco aberto, enquanto a corrente de pulso atua na formação das gotas e destacamento delas do restante do arame.

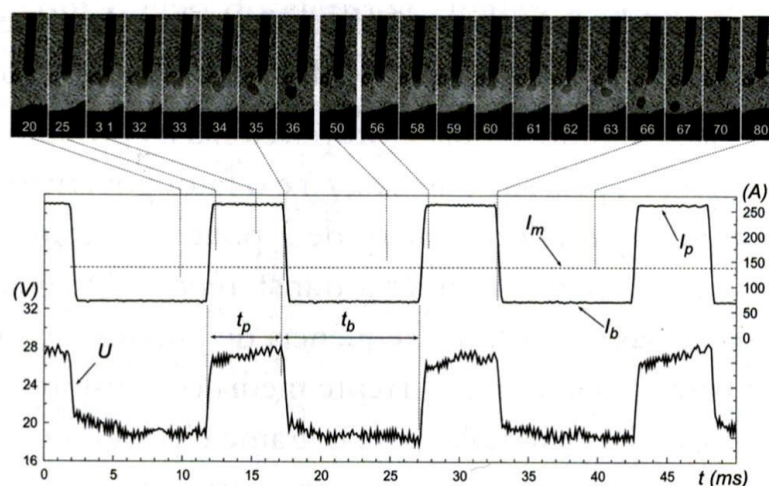


Figura 6. Caracterização da corrente pulsada.

Fonte: Scotti (2008).

O t_p e o t_b representam o período de pulso e período de base e I_p e I_b a corrente de pulso e corrente de base respectivamente. Somados, definem o tempo de pulso (T). I_m é a corrente média que é obtida entre a média ponderada das correntes de pulso e de base assumindo assim a sua forma retangular

$I_m=(I_p \cdot t_p+I_b \cdot t_b)/(t_p+t_b)$. A transferência ideal para o processo se dá pela transferência de uma gota por pulso. Para que se obtenha essa transferência é necessário regular os valores de I_p e t_p corretamente, porém eles são dependentes de muitos outros parâmetros e só se dão com precisão através da utilização de instrumentos laboratoriais complexos (SCOTTI, 2008).

Como principais características do MIG/MAG pulsado, pode-se destacar um menor nível de respingos, representando uma vantagem em relação ao nível de produção, possibilidade de utilização de arames de maiores diâmetros, que necessitam de uma corrente maior para possibilitar a transferência goticular, e o custo por unidade de massa dos arames mais grossos é relativamente menor.

A ocorrência de defeitos como a falta de fusão, devido ao baixo calor de aporte, e a necessidade de profissionais treinados e equipamentos mais complexos são limitações do processo.

2.2 SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO

O sistema implantado neste estudo é uma ferramenta comercial disponibilizada pela empresa *Lincoln Electric*®. Ele proporciona o controle e monitoramento dos principais parâmetros da soldagem, tais como: corrente, tensão, velocidade de alimentação do arame além da duração da soldagem, deposição do material (quantidade consumida, taxa de deposição e tempo de uso para o arame restante), quantidade de cordões e energia utilizada (LINCOLN ELECTRIC®, 2014).

As configurações iniciais dos parâmetros de cada máquina são introduzidas pelo *Power Wave*® *Manager*, e então, são criados perfis onde são gravados os parâmetros de soldagem que serão utilizados em cada equipamento. No ANEXO A, são mostradas algumas telas e funções dele. Nele, é possível adicionar faixas de variação dos parâmetros manualmente pelo operador, ou até mesmo, bloquear esta possibilidade. Destaca-se a tela onde se configura estas faixas para o comprimento do cordão, corrente, tensão e velocidade de alimentação do consumível. Posteriormente, utilizam-se os modelos de sistemas para monitoramento: *CheckPoint*™ (Ponto de Controle) e *Production Monitoring*™ (Monitoramento de Produção), que serão desmembrados na sequência.

2.2.1 Checkpoint™

Checkpoint™ é o nome dado pela *Lincoln Electric®* para o sistema disponibilizado para os clientes na linha *Power Wave®*. Ele utiliza a internet para fazer a comunicação dos usuários com as máquinas. O servidor grava os dados do controle e monitoramento da soldagem e distribui aos usuários cadastrados.

A aquisição destes dados é feita pelo acesso à internet e repassado pela mesma aos usuários que controlam o processo. O servidor é da Lincoln e pode-se recuperar os dados de soldagens feitas até um mês antes da data de acesso gratuitamente, mas existe a possibilidade de aquisição da assinatura de armazenamento anual destes registros, chamada de Premium. A estrutura do envio de dados é mostrada na Figura 7.

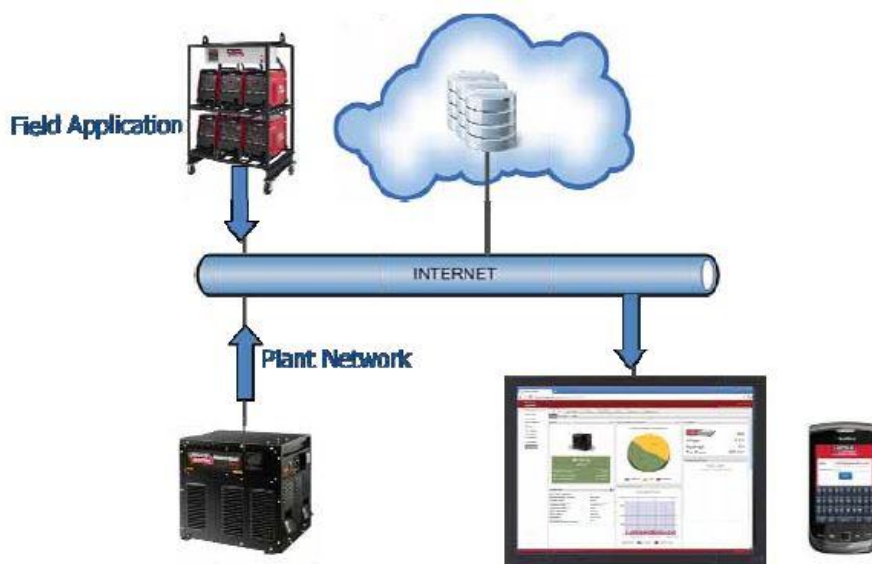


Figura 7. Estrutura da Comunicação do modelo *Checkpoint™*.

Fonte: Informativo Lincoln Electric *Checkpoint* (2012).

Com esse sistema, é possível monitorar os seguintes parâmetros e informações:

- Corrente, tensão e velocidade de alimentação do arame;
- Energia da soldagem;
- Data e hora em que a soldagem foi realizada;
- Duração da soldagem;

- Estado da solda;
- Número de série do operador, consumível e peça cadastrados;
- *Weldscore* da soldagem;
- Falhas e diagnóstico do equipamento.

Este sistema possui as vantagens de não necessitar de qualquer infraestrutura de servidores físicos para envio de dados, as atualizações são feitas automaticamente após conexão à internet, o monitoramento pode ser efetuado de qualquer lugar pelo usuário cadastrado, os dados são protegidos e os registros da soldagem podem ser exportados em diversos formatos (LINCOLN ELECTRIC®, 2012).

Uma função interessante apresentada nesse e no outro modelo de sistema é a *Weldscore*, que é uma nota dada a cada cordão ou ciclo operado pelo soldador baseado em um modelo de solda gravado no sistema como o ideal. Funciona assim: são ajustados os parâmetros ideais e um soldador capacitado no processo faz a soldagem, então, os dados obtidos dessa soldagem são gravados no sistema como os ideais. Depois disso, cada soldagem é comparada com o ideal e é dada uma nota em porcentagem de eficiência, sendo 100% uma soldagem ideal.

No ANEXO B são ilustradas algumas telas e funções do sistema *CheckPoint™*. Pode-se ressaltar a tela que mostra o gráfico de produtividade das últimas 24 horas, a que mostra o consumo de arame e a tela de diagnóstico mostrada.

Este é o sistema que recebe atualmente maior investimento da empresa em atualizações e incrementos de funções.

2.2.2 *Production Monitoring™*

Ele possui essencialmente as mesmas funções do *CheckPoint™*, mas se difere por algumas restrições quanto a método de comunicação homem-máquina.

Ao invés da máquina de soldagem ser conectada à internet e utilizar o servidor da Lincoln como meio de comunicação dos usuários com o equipamento, ele necessita de um computador-servidor que com o auxílio de links *Ethernet* recebe e envia os dados das máquinas de soldagem ao computador do usuário controlador. É necessário então, um investimento de *hardware* e pessoas especializadas em

tecnologia da informação para configuração do sistema (LINCOLN ELECTRIC®, 2011). Na Figura 8 pode-se verificar como o sistema se comunica informaticamente. No ANEXO C são mostradas telas da interface do programa.

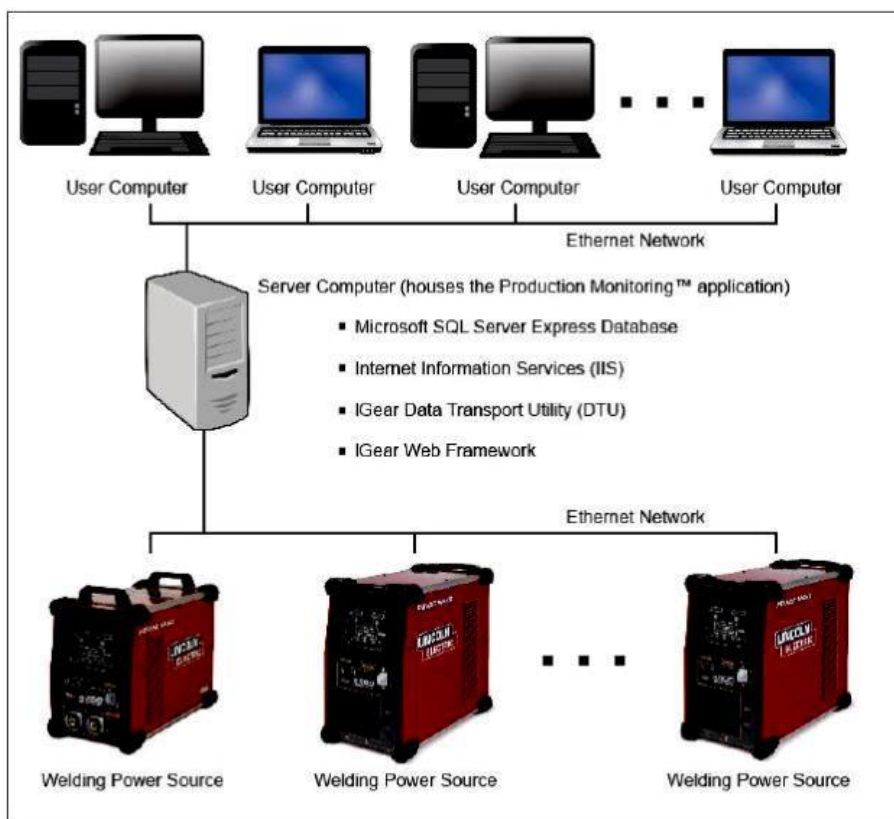


Figura 8. Estrutura da Comunicação do modelo *Production Monitoring™*.
Fonte: Manual do Usuário – *Production Monitoring™* (2010).

2.3 PROCESSOS PRODUTIVOS

Atualmente o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – TPS*) é o mais lembrado quando se propõe uma produção que vise eliminar desperdícios. Ele se baseia na identificação e eliminação das possíveis perdas que o produto sofre em seu processo produtivo. A *Toyota Motor Co* teve como idealizador da ideia, seu engenheiro-chefe, Taiichi Ohno, que desenvolveu a base deste sistema (GHINATO, 2000).

Segundo Ohno (1997), as perdas podem ser por superprodução, por espera, por transporte, no processamento, por estoque, por movimentação e fabricação de

produtos defeituosos. O foco desse estudo está na perda do produto durante o seu processamento. Onde elas são mais evidentes e passíveis de economia.

Outra característica importante do sistema mais conhecido como Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), são seus pilares de sustentação: *JIT* e *Jidoka*.

2.3.1 História do TPS

Originado no Japão na década de 50, o TPS surgiu como um melhoramento do sistema da Ford de produção, criado por Henry Ford em 1914, onde se introduziu o conceito de produção em larga escala. Mas só após a crise do petróleo de 1973 que este modelo se popularizou. Isto devido a melhor estabilidade da Toyota frente a grande crise mundial, comparada a outras empresas automobilísticas.

Os olhos ocidentais se voltaram para o segredo dos japoneses, e Taiichi Ohno fundamentou seu modelo de produção como o modelo do futuro que acabara de iniciar. Abaixo, a Figura 9 exemplificando os fundamentos básicos para que o sistema de Ohno funcione.

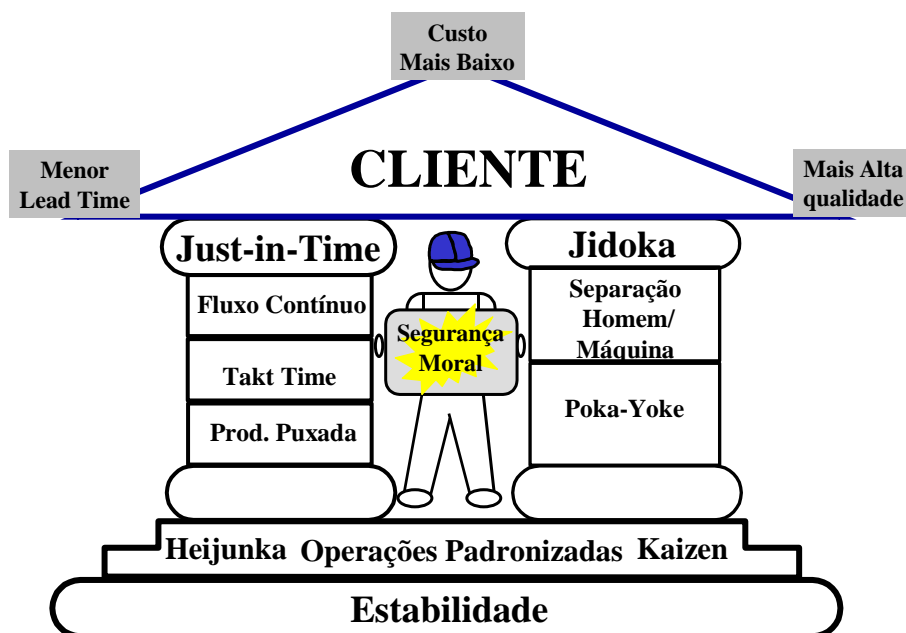


Figura 9. Estrutura do TPS.

Fonte: Ghinato (2000).

2.3.2 *JIT*

O *JIT* (expressão em inglês, *Just-In-Time*) diz que o processo deve ser autossuficiente e entregar o produto no momento em que ele é solicitado, a matéria-prima deve chegar ao local de utilização somente no exato momento que for requisitada e o produto só é manufaturado e vendido com uma demanda, não há estoque parado. Para se obter sucesso no que se propõe, deve relacionar muito bem os seguintes três fatores: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

No fluxo contínuo é onde se elimina as perdas por estoque e por espera, sendo que a entrada e saída do produto são definidas pelo *takt time*, que é o tempo necessário para a produção de um produto, equilibrando o ritmo de produção com o de vendas. Ritmo esse, que conduz à necessidade da produção puxada, onde uma matéria-prima só entra na linha produtiva se um produto manufaturado for vendido. Nele, ainda existe o sistema chamado *kanban*, que auxilia na comunicação processo-fornecimento, informando quando necessária a produção e de qual produto.

2.3.3 *Jidoka*

O conceito do *Jidoka* (palavra japonesa para automação) é o segundo pilar que sustenta o sistema de produção Toyota. Nele, o operador ou máquina tem autonomia de parar a produção se ocorrer alguma anomalia no processo ou qualidade do produto. Com isso, os defeitos não são somados a outros possíveis no decorrer do processamento da matéria-prima. Após a parada, o problema é solucionado e então, as paradas de linha são reduzidas no futuro (GHINATO, 2000).

Dentro do *Jidoka*, pode-se ressaltar a separação entre operador-máquina, que valoriza a inteligência do operador e a autonomia da máquina. Sendo que um operador pode operar duas ou mais máquinas dentro do *takt time*, sem ter um tempo ocioso entre ciclos. E o *Poka-Yoke*, que é um mecanismo do dispositivo de processamento do produto que impede uma atividade errônea, uma montagem errada ou um cordão de solda em local inadequado, por exemplo.

2.3.4 *Takt time*, método e volume

Juntamente dos pilares apresentados acima, o TPS só funciona se existirem operações padronizadas, sendo elas compostas por: *takt time*, método e quantidade

de produtos. A padronização da produção leva a ter um *takt time* mais constante, o que ajuda no planejamento da produção conforme a necessidade de produtos.

Como citado anteriormente, o *takt time* é o tempo de produção de um produto baseando-se na demanda. O ideal seria fazer com que o tempo de ciclo de cada operador seja igual ao *takt*, assim, não existe tempo ocioso e a produção é plena e equilibrada (SHINGO, 1996).

O método de trabalho deve ser pensado de forma que favoreça a agilidade de produção, segurança do operador, pequena variação do tempo de ciclo e qualidade do produto. Normalmente os métodos são criados pelos engenheiros de manufatura e informam o processo passo a passo da produção ao operador através de Folhas de Processo, da sigla inglesa, *SOP (Standard Operating Procedure)*.

Existem outros meios de informar o método, sendo eles:

- *Visual Aids* – método de trabalho exposto normalmente em *banners* a vista do operador;
- Explicações informais do processista – normalmente utilizado para ajustes pontuais no método, sem grandes informações.

A necessidade de um produto no mercado gera a demanda que faz com que puxe a produção enxuta, e o volume de fabricação está ligado ao quanto ele é encomendado pelo consumidor. Assim, pode-se então planejar uma produção baseado na demanda, equilibrando o *takt time* com o número de operadores necessários para alcançar o objetivo e também, verificar a necessidade de ampliação ou encolhimento da capacidade produtiva da indústria (OHNO, 1997).

2.4 GESTÃO DA QUALIDADE

2.4.1 A Evolução da Qualidade

Com o crescente processo de globalização, buscando sempre atender as necessidades do mercado e constante competitividade entre as organizações, pode-se destacar a importância da gestão da qualidade nos processos empresariais.

Os processos e modelos de gestão de qualidade não se resumem somente em uma estratégia de se diferenciar no mercado, mas sim como uma condição de

pré-existência. Num sentido mais amplo, seu conceito está relacionado a um modelo de gerenciamento que objetiva a busca da eficiência e da eficácia organizacional.

Apesar de o termo qualidade ser bem antigo, como função gerencial ela é algo novo, considerado hoje como essencial para o processo e sucesso estratégico (Garvin, 2002). Para exemplificar um pouco a evolução da qualidade com o tempo, foi estruturada uma classificação que as relacionam. Essa classificação está descrita a seguir:

- Inspeção;
- Controle estatístico da qualidade;
- Garantia da qualidade;
- Gestão estratégica da qualidade;

Nesses quatro itens estruturados, estão referenciadas as três grandes eras da qualidade. O último refere-se juntamente com o terceiro item, à terceira era e é o aperfeiçoamento das ideias provenientes dessas três eras, que prevalecem suas características até os dias atuais.

2.4.2 Inspeção

Essa classificação está referenciada ao período de início da era industrial até meados do século XIX como parte de qualidade do processo de produção artesanal, visto que nessa época a quantidade de produtos fabricados era pequena e o trabalho manual era visto em praticamente todas as fases do processo, e ao início do século XX com o surgimento da produção em massa, quando Frederick W. Taylor, criador da “administração científica” ou “taylorismo”, fase onde a administração de uma empresa passou a ser vista como uma ciência, separou a inspeção do processo de fabricação e delegou-a como um processo independente com profissionais especializados no processo de inspeção.

Durante essa fase, a qualidade era somente determinada pela inspeção, feita em 100% das peças, mas sem nenhuma metodologia envolvida para garantir alguma confiabilidade. Confiabilidade essa limitada pela experiência dos profissionais, que a determinava por atividades restritas, processos de contagem, classificação de qualidade e reparos.

Apesar dessa inspeção ter tido uma importância maior no processo de produção, ela permanecia somente com o objetivo de determinar e selecionar um produto de qualidade, porém a solução dos problemas encontrados era uma atividade a parte, não tendo ligações com a inspeção.

2.4.3 Controle Estatístico de Qualidade

Através de pesquisas realizadas nos Laboratórios *Bell Telephone*, essa ideia apresentada anteriormente sobre a inspeção foi sendo modificada e em 1931, com a publicação da obra *Economic Control of Quality Manufactured Product* (Shewhart, 1931), instalou-se definitivamente o caráter científico, através de procedimentos estatísticos na busca da qualidade e por consequência uma melhor efetividade na produção total.

Duas técnicas foram utilizadas para garantir essa qualidade produtiva. A primeira foi a de controle de processo, onde todas as etapas do processo de produção eram detalhadas, organizadas e acompanhadas para que fosse possível, com uma base de dados, monitorar os resultados e a estabilidade do processo. A segunda técnica foi a de amostragem, pois a inspeção no lote inteiro da produção se tornou inviável. Com isso, a partir da análise de uma quantidade de amostra representativa do lote da produção, foi possível o avanço nos processos de qualidade aumentando assim a sua confiabilidade.

2.4.4 Garantia de Qualidade

Essa nova era no controle de qualidade foi determinada por um novo conceito de qualidade chamado *Total Quality Control* (TQC), que se instalou no início da década de 1950, após a qualidade passar a ser entendida como uma atividade baseada nos aspectos tecnológicos das fábricas e englobar os aspectos de gerenciamento, toda a organização e todos os colaboradores.

O TQC consiste em (Shiba, Graham e Walden, 1997):

- Abordar a qualidade desde a fase do projeto de desenvolvimento do produto, incluindo os aspectos funcionais e atributos de desempenho;
- Envolver todos os funcionários, de todos os níveis hierárquicos, assim como fornecedores e clientes, nos processos de melhoria de qualidade, objetivando o comprometimento e confiança recíproca;

- Manter e aperfeiçoar as técnicas clássicas da qualidade existentes.

Todo esse envolvimento mostrou que a qualidade não estava limitada somente as estatísticas. Agora, quatro elementos distintos passaram a fazer parte dessa nova era: quantificação dos custos da qualidade, controle total da qualidade, engenharia da confiabilidade e zero defeito (Garvin, 2002).

A quantificação dos custos da qualidade surgiu com a publicação de *Quality control handbook* (Joseph Juran, 1951) devido à falta de dados quantificados até então, sobre os reais custos envolvidos nos processos de qualidade. Com essa publicação, classificaram-se os investimentos por categorias e por processos envolvidos durante todas as fases do produto.

A percepção do controle total da qualidade veio por Armand Feigenbaum. Ele afirmava que para conseguir atender os requisitos rigorosos do mercado, o departamento de fabricação e o de controle de qualidade não deveriam operar isoladamente. Segundo ele, esse controle deve ser iniciado desde a fase do projeto do produto e ter fim somente após o produto estar nas mãos do cliente.

A partir disso, todos os departamentos começaram a se preocupar, tendo importância fundamental para o sucesso organizacional.

O surgimento da engenharia da confiabilidade, segundo Garvin (2002), aconteceu devido aos esforços do Departamento de Defesa Norte-Americano em estimularem a confiabilidade de suas tecnologias militares. A partir disso, e com o controle estatístico de processo já consolidado para a fase de produção, foi possível estender essa preocupação com a qualidade também para as expectativas de funcionamento dos componentes em seu ciclo de operação. Através de análises também estatísticas, criaram-se procedimentos que garantissem essa qualidade do produto, estendida agora para seu funcionamento pós-fabricação e uso dos clientes.

Com o crescente aumento da importância da engenharia de confiabilidade, custos e controle de qualidade, a coordenação das funções passou a ser fundamental em atividades como projetos, engenharia, planejamento e serviços. Tornaram-se necessárias novas habilidades gerenciais principalmente em relações humanas. Em 1961, foi elaborado um plano pela empresa Martin Corporation (que fabricava mísseis Pershing para o Exército dos EUA) com o objetivo de obter uma

qualidade satisfatória a partir de uma maciça inspeção. Através desse plano, foi possível a entrega de um míssil Pershing sem nenhuma discrepância (Garvin, 2002). Com isso surgiu a metodologia chamada de zero defeito. Seu principal objetivo é conhecido como “fazer certo na primeira vez”.

2.4.5 Gestão Estratégica de Qualidade

Nas últimas décadas do século XX, todos esses princípios de qualidade disseminados a partir da década de 1950, ficaram bem assimilados pelas organizações, tornando-se agora como parte da estratégia do negócio. Não só pelas organizações, mas também pelo crescente mercado, essas ideias foram valorizadas, premiando agora as empresas que veem essa estratégia como fundamentais no seu negócio com o aumento das vendas.

Somado a isso, foram criadas também algumas legislações de defesa do consumidor e normas internacionais como, por exemplo, a família ISO 9000, consolidando de vez a qualidade em todos os pontos do negócio.

Toda essa estratégia de qualidade foi resumida em um relatório da Sociedade Americana de Controle da Qualidade (Hagan, 1984:21):

- Não são os fornecedores do produto, mas aqueles para quem eles servem – os clientes, usuários e aqueles que os influenciam ou representam – que têm a última palavra quanto a até que ponto um produto atende às suas necessidades e satisfaz suas expectativas;
- A satisfação relaciona-se com o que a concorrência oferece;
- A satisfação, relacionada com o que a concorrência oferece, é conseguida durante a vida útil do produto, e não apenas na ocasião da compra;
- É preciso um conjunto de atributos para proporcionar o máximo de satisfação àqueles a quem o produto atende.

2.4.6 Normas ISO

As normas ISO tem importância fundamental no mundo globalizado, pois através delas torna-se possível um reconhecimento internacional das relações contratuais entre as organizações, sociedades e indivíduos.

O termo ISO é referente uma organização internacional que tem como objetivo coordenar, facilitar e unificar as normas industriais em nível mundial. Essa organização é denominada *International Organization for Standardization* (ISO), ou Organização Internacional de Normalização. Ela representa todos os países que respondem por 95% do PIB mundial e ela promove a padronização das atividades de forma a possibilitar o intercâmbio científico, econômico e tecnológico de uma maneira mais acessível (MARSHALL JUNIOR, 2010). Ela responde por todos os campos de conhecimento com exceção da engenharia eletrônica e elétrica, onde a responsável pelas normas está a cargo da *International Electrotechnical Commission* (IEC).

Os objetivos da normalização pela ISO estão relacionados as áreas de economia, comunicação, segurança, proteção do consumidor e eliminação de barreiras técnicas e comerciais.

A partir disso, a necessidade das empresas em mostrarem aos seus clientes que estavam totalmente de acordo com as normas, fez com que fossem criadas também as certificações, onde através delas, foi possível publicar por escrito as conformidades das atividades da empresa com as normas tanto nacionais quanto internacionais.

As normas da família ISO 9000 foram criadas em 1987, baseadas nas normas britânicas de qualidade e experiências de especialistas de diferentes países com propósito de promover e disseminar a evolução da garantia e da gestão da qualidade. Essas normas passaram por quatro revisões. 1994, 2000 e 2008. A primeira com o intuito de melhorar sua interpretação e inclusão de aspectos preventivos da garantia da qualidade. A segunda enfatizou além dos aspectos industriais, os de serviços. E a terceira teve aprimoramentos da versão anterior.

Devido a grande evolução tecnológica com o passar do tempo, foi determinado que essas normas fossem revisadas no máximo a cada cinco anos para garantir que sempre esteja o mais próximo de estarem atualizadas com o crescente avanço da tecnologia.

Como parte da criação da ISO, surgiu a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), privada e sem fins lucrativos, com o objetivo de representar o

Brasil na ISO e promover as normas nacionais. As normas aprovadas pela ABNT são consideradas “normas brasileiras”.

Com base na revisão de 2000, podem ser definidas as normas da família NBR ISO 9000 como as seguintes:

- ISO 9000 (Sistema de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário);
- ISO 9001 (Sistema de gestão da qualidade: requisitos);
- ISO 9004 (Sistema de gestão da qualidade: diretrizes para melhoria de desempenho).

Essas normas revisadas foram definidas através de um modelo de processo que retrata os requisitos genéricos de um sistema de gestão de qualidade (SGQ), como ilustrado na Figura 10. As normas ISO 9002 e ISO 9003 deixaram de existir com a nova versão das normas de 2000.



Figura 10. Modelo de processos para gestão da qualidade.
Fonte: TCMSP (2006).

A partir desse modelo a estrutura da nova norma ISO 9001:2000 ficou como listada abaixo:

0. Introdução;
1. Objetivo;

2. Referência Normativa;
3. Termos e Definições;
4. Sistema de Gestão da Qualidade;
5. Responsabilidade da Administração;
6. Gestão de Recursos;
7. Realização do Produto;
8. Medição, Análise e Melhoria.

As quatro primeiras seções procuram somente fazer uma apresentação prévia da estrutura, vocabulário e objetivos da norma. Os últimos cinco estabelecem os requisitos de qualidade para as organizações, formas de administração, desenvolvimento, implementação e melhoria contínua da eficácia do SGQ, recursos e planejamento dos produtos bem como seu monitoramento.

Atualmente, as organizações baseiam-se nas normas NBR ISO 9001 e NBR ISO 9004 que juntas formam um par coerente de normas que consistem esse sistema de gestão de qualidade. Juntas, ampliam os objetivos de satisfação do cliente e qualidade do produto melhorando assim o seu desempenho.

2.4.7 Padronização e Melhoria

Desde a passagem da produção artesanal para a produção em massa pode-se observar a importância da padronização das organizações. Padronização esta que auxiliou e facilitou essa passagem através do desenvolvimento de sistemas que tornaram as peças e componentes intercambiáveis. Mas como todas as fases da produção, a padronização também deve ser melhorada continuamente. A gestão da qualidade tem esse papel. Ela é atribuída através de uma filosofia de melhoramento contínuo representada pelo ciclo PCDA para alcançar todos os objetivos junto a todas as partes envolvidas. As normas ISO 9000, por exemplo, auxiliam nessa padronização.

Uma forma de entender a importância da padronização foi feita por Juran, que determinou que o gerenciamento da qualidade pode ser obtido por três processos gerenciais que ficaram conhecidos como trilogia de Juran: planejamento, controle e melhoria (MARSHALL JUNIOR, 2010).

O planejamento da qualidade seria o início de qualquer etapa de produção, onde todas as metas são traçadas com base na identificação dos potenciais clientes e suas necessidades, elaboração de processos que atendam essas características e treinamentos aos colaboradores envolvidos durante o processo. A partir disso, inicia-se o controle da qualidade que é a fase responsável por garantir o cumprimento das metas traçadas na fase de planejamento através de avaliações de desempenho e comparações entre o planejado e o realizado. Com os resultados das produções em mãos, inicia-se a fase da melhoria, que visa elevar os resultados de desempenho ou por melhoria contínua (incremental) ou por melhoria radical (inovadora). Nela são estabelecidas as infraestruturas necessárias para a melhoria, necessidades, equipe e recursos para torna-la possível. Esses três processos estão interligados como representado na Figura 11.

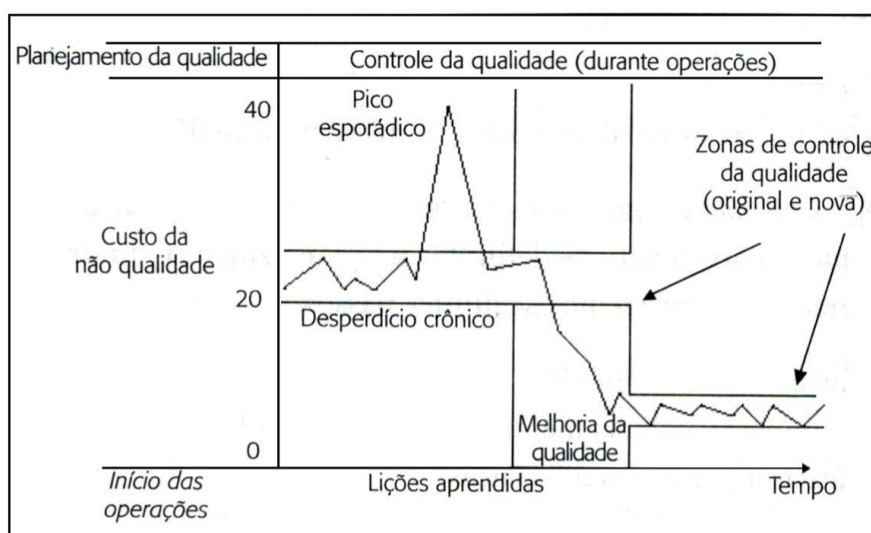


Figura 11. Diagrama da trilogia de Juran.

Fonte: Marshall Junior (2010).

Através desse diagrama é possível observar que com o planejamento e acompanhamento do processo pode-se aprender com os desvios encontrados durante a produção e aprimorá-las para diminuir os custos referentes a não qualidade do processo.

Outra forma de explicitar essa importância é pela aplicação do ciclo PDCA, que reflete em quatro fases a filosofia de melhoramento contínuo sendo praticada de forma cíclica e contínua como mostrado na Figura 12 abaixo.

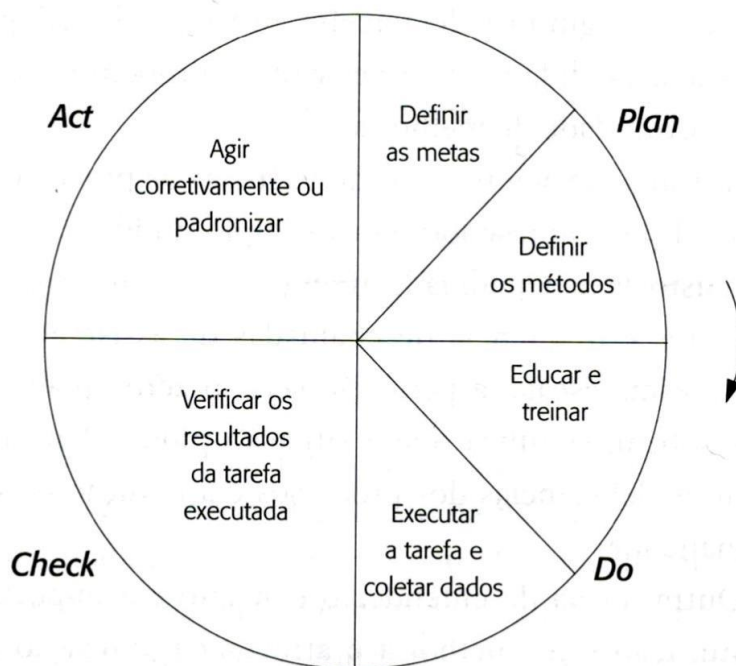


Figura 12. Ciclo PDCA.
Fonte: Marshall Junior (2010).

A sigla PDCA está relacionada respectivamente com as seguintes palavras em inglês: *plan*, *do*, *check* e *action*.

A primeira fase, assim como na trilogia de Juran, é a fase de planejamento (*plan*), que é onde se iniciam os processos através da determinação das metas e objetivos a serem alcançados, sempre levando em consideração as necessidades dos clientes.

A segunda fase, que é a da execução (*do*), inicia-se quando começam a realizar a implantação do que foi planejado. Para que isso seja possível, é necessário treinar os colaboradores envolvidos caso seja preciso, e é necessário que colem os dados que serão utilizados na próxima fase do processo.

A terceira fase, verificação (*check*) acontece após a execução. Nela a verificação do que foi planejado e do que vem sendo realizado é feita através dos dados coletados na fase de execução. Ferramentas de controle e acompanhamento são utilizadas nessa fase.

A quarta fase, agir corretivamente (*act*), pode acontecer de duas formas distintas dependendo dos resultados da verificação. Caso as metas não forem atingidas, buscar as causas e prevenir os futuros erros que possam ocorrer. Já se atingidas, tornar o planejamento inicial como padrão para as futuras atividades.

A filosofia do PDCA é atualmente a mais conhecida. A partir dessa filosofia, é possível atingir uma melhoria contínua de forma a aprender com os possíveis desvios durante todo o processo e melhorar os resultados. Essa melhoria contínua é vista no gráfico da Figura 13, onde é possível perceber uma melhora nos resultados após a aplicação de um ciclo PDCA.

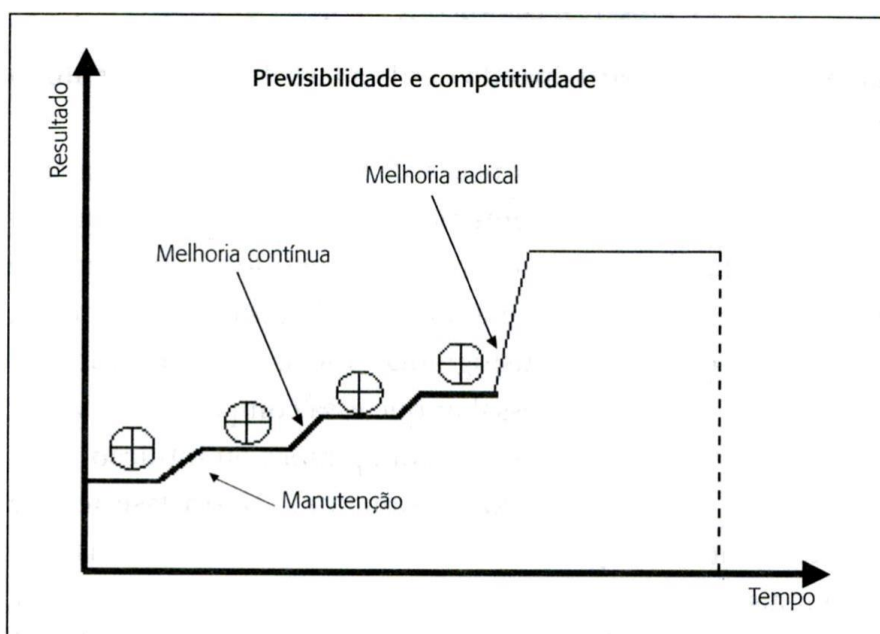


Figura 13. Gráfico da melhoria contínua com base no ciclo PDCA.
Fonte: Marshall Junior (2010).

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Como apresentado anteriormente, o objetivo da pesquisa é comparar através de análises de qualidade e consumo a eficiência do sistema de controle informatizado instalado.

O estudo será efetuado nas peças produzidas em um turno. São elas, componentes soldados comuns a duas linhas de produção de uma indústria de grande porte de máquinas agrícolas, situada em Curitiba – PR.

Uma linha utilizará o sistema implantado e a outra, não. Nos procedimentos serão necessários basicamente os equipamentos que já compõem a linha antiga, que são máquinas de soldagem MIG/MAG de controle manual da empresa ESAB® LAB 475 funcionando por corrente alternada e transferência por spray. E para a linha com o sistema de controle e monitoramento, máquinas *Power Wave*® S350 K2823-3 da Lincoln Electric® atuando por corrente pulsada. As duas são semiautomáticas.

Os parâmetros básicos estipulados pela engenharia de processo da empresa e que não serão alterados pela equipe, são:

- Mistura de gás na proporção de 10% de dióxido de carbono (CO_2) para 90% de argônio (Ar);
- Tensão na faixa de 18 – 27V;
- Corrente na faixa de 160 – 280A;
- Velocidade de alimentação de 3,5 – 6 m/min.

Como parâmetros de entrada na máquina, temos a velocidade de alimentação de arame e tensão.

A corrente também deve ser controlada, mas isso é feito através da variação desses outros dois parâmetros. Para a máquina da linha antiga, não é possível retirar os valores da corrente real média. Esse valor será retirado a partir da Figura 3 através da relação entre velocidade de alimentação e diâmetro do arame. Já para a máquina da linha nova, esse valor de corrente média real é dado pelo programa instalado.

Para os testes, a equipe definiu o parâmetro de velocidade de alimentação como sendo o limite superior do recomendado pela empresa (6m/min) e a faixa de tensão podendo variar entre 20 e 24 volts. Esses valores foram definidos para efeito de comparação entre os processos da linha antiga e da linha nova.

As características a serem analisadas, são:

- Qualidade do cordão soldado;
- Consumo do metal de adição;
- Consumo de energia elétrica.

A análise da qualidade do cordão de solda será feita visualmente, verificando a uniformidade (se a largura é constante em todo o cordão), respingos, aparecimento de mordeduras, trincas e porosidade superficiais.

O consumo do arame de solda será medido pela diferença de massa do rolo de antes com a de depois dos cordões formados para a máquina da linha antiga. Já para a nova linha, esse valor é retirado das funções do *Production Monitoring*TM.

O tempo em que o arco elétrico estiver aberto será cronometrado nas duas situações sendo uma manualmente e a outra pelo próprio sistema e assim, obtém-se o valor em kWh da energia elétrica utilizada pela seguinte fórmula:

$$\text{Consumo} = (\text{Corrente Média}) \times (\text{Tensão Média}) \times (\text{Fator de Potência}) \times (\text{Tempo})$$

Onde a potência da máquina é dada em quilowatt e o tempo em horas. O fator de potência utilizado será o mesmo para as duas situações. Esse fator é utilizado nas máquinas da linha nova e tem o valor especificado no manual definido como sendo igual a 0,95. Portanto será o valor utilizado para o cálculo do consumo da linha antiga.

Com os dados obtidos, a economia esperada poderá ser verificada.

3.2 PLANO DE PESQUISA

Foi realizado um plano de pesquisa com intuito de definir as etapas claramente, que serão realizadas na fase de experimentos, se baseando no ciclo PDCA de qualidade. O plano de andamento do projeto está ilustrado pela Figura 14.

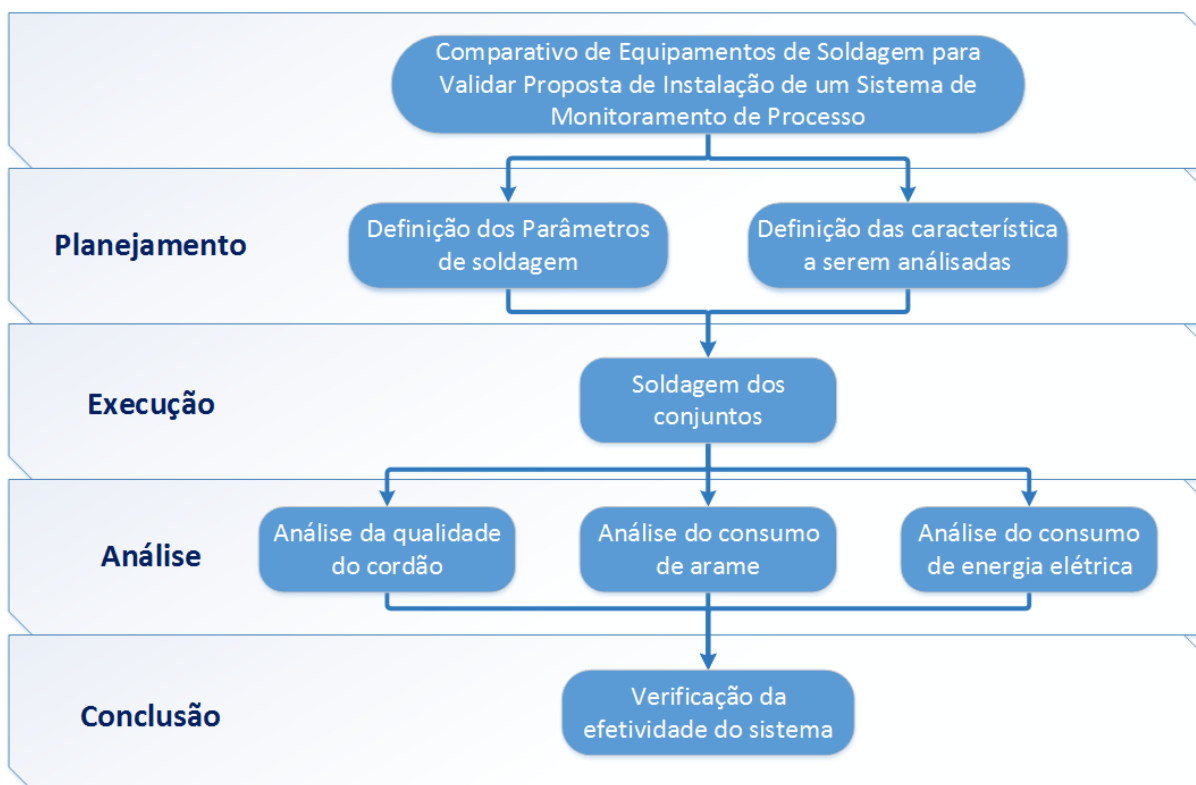


Figura 14. Fluxograma do projeto.

Fonte: Autoria própria¹.

Na primeira fase, a de planejamento, será necessário determinar várias decisões essenciais para a sequência do projeto. Serão configurados os parâmetros ideais determinados para a soldagem, os grupos e a quantidade a serem soldados.

Na fase de execução, será realizada a solda e coletado os dados dos parâmetros determinados para posterior análise.

Na fase de análise, os dados coletados serão verificados e registrados. Será determinado então se as expectativas iniciais foram alcançadas.

Finalmente, na etapa de “Conclusão”, serão determinadas as ações de melhorias no processo caso necessárias e também serão comparados os resultados da produção na linha antiga com a da nova e então, apontados os melhores resultados.

O resultado destas análises mostrará se a produção utilizando o sistema informatizado é mais efetiva na diminuição de desperdícios.

¹ As figuras e tabelas que não apresentam referência são de autoria própria

4 PROCEDIMENTO REALIZADO

Este tópico se dedica exclusivamente ao que foi realizado com base no plano de pesquisa pré-determinado. As fases inclusas são planejamento, execução e análise. A conclusão será detalhada em tópico posterior.

Para descrever o processo, a fase de planejamento foi dividida em instalações, instruções e parâmetros. A fase de execução foi dividida em experimento e coleta de dados e por fim a fase de análise foi selecionada em tópico único.

4.1 INSTALAÇÕES

Na fase inicial do projeto foram adquiridas 23 máquinas de soldagem *Power Wave® S350* para atender a produção de 4 tamanhos do modelo de produto, que é constituído de 31 subgrupos soldados.

As máquinas foram instaladas em cada posto de trabalho ao lado do respectivo dispositivo de soldagem. Para cada máquina foi necessário instalar um ponto de energia elétrica e um suporte chamado de “girafa”, conforme Fotografia 1.



Fotografia 1. Configuração da instalação.

Para o sistema utilizado na nova linha de produção, seria necessário a instalação de pontos de rede que fizessem a comunicação das máquinas de soldagem com o servidor. Porém, a empresa ainda não está com a produção em alta

escala para este novo produto devido a atraso no projeto. Por esse motivo, na visão da empresa a baixa produção não justificava a instalação do mesmo.

Com isso, não foi possível realizar uma comparação relacionada à produção entre as duas linhas. Somente análises e comparações do processo de soldagem puderam ser feitas.

Assim, para analisar os dados e comparar com a linha antiga foi utilizado um computador para se comunicar individualmente cada máquina de soldagem, como ilustrado na Fotografia 2. Pôde-se então, coletar os dados que foram analisados.



Fotografia 2. Notebook em conexão com a máquina e recebendo os dados.

4.2 INSTRUÇÕES

Os operadores foram treinados para desenvolver as funções básicas das máquinas de soldagem, como: ligar/desligar, ligar ao gás e à energia elétrica, troca

de mangueira e tochas e mudanças de parâmetros dentro da faixa pré-estabelecida pelo engenheiro responsável.

Além disso, foram apresentadas as funções de controle e monitoramento aos supervisores de produção e engenheiros.

Todo o treinamento foi realizado por técnicos da empresa fornecedora das máquinas de soldagem.

4.3 PARÂMETROS

Tomando como base a folha de especificação de procedimento de soldagem (EPS) padrão da empresa (ANEXO D), foram definidos os parâmetros de soldagem e selecionado na máquina a faixa admissível para o processo.

Os parâmetros limitados são:

- Velocidade de alimentação: 6m/min;
- Tensão: 23V;

Alguns dados adicionais:

- Gás de proteção: mistura de 90 % de Argônio com 10% de Dióxido de Carbono;
- Especificações do arame: ER70S-6 de 1,2 mm;
- Material do produto: Aço carbono NBR – 6648;
- Vazão do gás de proteção: 12 l/min;

Para efeitos de cálculo do consumo de energia na máquina da linha antiga, o valor de corrente utilizado foi de 230 A, encontrado no gráfico ilustrado na Figura 15. Os valores de entrada foram os limitados apresentados acima.

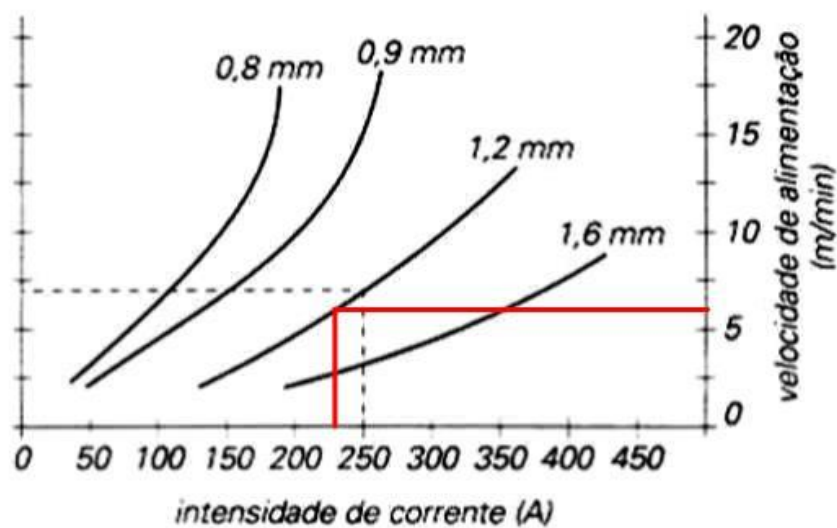


Figura 15. Corrente média para transferência por spray com valor indicado da corrente utilizada.

Fonte: Infosolda (alterado pela equipe).

A partir disso, os valores reais dos parâmetros são dados pelo programa e baixados no computador para posterior análise.

A Fotografia 3 mostra os parâmetros selecionados para a soldagem da linha nova.



Fotografia 3. Painel da máquina na linha nova indicando os parâmetros selecionados.

Esses parâmetros utilizados estão dentro da faixa. Através desses dados de entrada, as telas do programa mostram a corrente real que passa através do arco. São detalhados também o tempo de abertura do arco por cordão, deposição do arame, consumo de energia durante a soldagem, tensão real e velocidade de alimentação real.

4.4 EXPERIMENTO

Para cada grupo soldado, o computador foi conectado a máquina de soldagem e executado o *Production Monitoring™*. Após este procedimento, o operador foi instruído para começar a soldagem conforme *SOP (Standard Operating Procedure)* de cada operação como mostra a Fotografia 4. Ao fim da soldagem, foram analisados os aspectos dos cordões, coletado os dados e tirado fotografias.



Fotografia 4. SOP utilizado nas operações.

Já para a linha em que não é utilizada a máquina da Lincoln houve o acompanhamento da seguinte forma:

- Antes do início da soldagem do grupo mediu-se a massa do rolo de arame;
- Ao longo da soldagem, para cada abertura de arco o tempo foi medido com auxílio de um cronômetro;
- Como na linha de produção nova, ao final da soldagem, foram analisados os aspectos dos cordões e tirado fotografias;
- E por fim, retirou-se o rolo da máquina e mediu-se a massa restante com auxílio de uma balança.

4.5 COLETA DE DADOS

Os dados são então transferidos automaticamente através da interface citada. Após o termino da soldagem do grupo, eles foram baixados para planilhas eletrônicas conforme ANEXO E.

Na linha nova foram coletados dados de 8 soldagens de cada um dos três componentes distintos no processo. No componente A são necessários 89 cordões de solda, no componente B são 60 e no C são 52 cordões. Para comparação da energia consumida, foi utilizado somente o componente A por apresentar maior número de cordões e ter uma melhor representação entre os três. Já para a

comparação do consumo de arame, foi feita a média aritmética dos dados dessas oito soldagens de cada componente.

Para a comparação da energia na linha antiga, foram cronometrados os tempos do arco aberto para o componente A, também com oito medições. Para o consumo de arame foram somente utilizadas as medições como descritas anteriormente no tópico 4.4, para os três grupos.

Os outros aspectos analisados utilizaram-se das seguintes ferramentas para coleta:

- As fotografias foram tiradas com *Smartphone Galaxy S4* da Samsung;
- A massa do rolo de arame foi medida pela balança pesadora W-15 da Welmy;
- O cronômetro utilizado foi o YP2151 da Technos;
- Banco de dados armazenado em planilhas do Microsoft Office Excel.

As imagens das ferramentas podem ser vistas no ANEXO F.

4.6 ANÁLISES

A seguir serão exemplificados os modos de análise adotados neste estudo.

4.6.1 CORDÃO DE SOLDADA

Após o término da soldagem de cada grupo os cordões foram analisados visualmente, verificando os seguintes aspectos:

- Uniformidade
- Respingos
- Mordeduras
- Trincas superficiais
- Porosidade superficial

A comparação com uma solda recomendada foi baseada no manual de inspeção visual encontrado na linha de soldagem da empresa, mostrado no ANEXO G. Já a comparação entre as soldas feitas pela máquina nova com a antiga foi feita através das fotografias.

4.6.2 CONSUMO DE ENERGIA

Para as máquinas da Lincoln, o consumo é dado diretamente pelo *Production Monitorig™*. Já as máquinas antigas, o consumo foi calculado pelo tempo

de arco aberto cronometrado multiplicado pela potência da máquina e fator de potência.

4.6.3 CONSUMO DO ARAME

Como no consumo de energia elétrica nas máquinas de soldagem Lincoln, ele é dado diretamente pelo *Production Monitorig*TM. Já para as máquinas antigas, o consumo foi calculado pela diferença de massa do rolo de antes da soldagem com a de depois.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aspecto do cordão

5.1.1 Análise visual

A partir da inspeção visual dos cordões de solda foi possível realizar uma análise qualitativa baseada no manual de inspeção visual que mostra soldas aceitáveis e não aceitáveis para o processo.

Na Fotografia 5 é mostrado um cordão feito na linha antiga. Pode-se ressaltar que ele não apresenta falhas como: mordeduras, trincas superficiais e porosidade. Mas são evidentes as marcas deixadas na peça pelos respingos e a não uniformidade da largura do cordão.



Fotografia 5. Cordão de solda realizado na linha antiga.

Entretanto, a não uniformidade apresentada não é tão significativa e encontra-se dentro do padrão indicado no manual, não impactando no critério de avaliação para reprovação da solda.

No geral, as soldas feitas pela máquina antiga apresentaram estas características, como mostrado nas figuras a seguir.



Fotografia 6. Cordão de solda realizado na linha antiga.



Fotografia 7. Cordão de solda realizado na linha antiga.



Fotografia 8. Cordão de solda realizado na linha antiga.

Na Fotografia 9, já é apresentada uma solda feita pela máquina na Lincoln *Power Wave*®. Como na antiga, as falhas mais prejudiciais à resistência da junta soldada, não ocorreram. Nota-se também uma boa uniformidade do cordão e poucas marcas de respingos.



Fotografia 9. Cordão de solda realizado pela *Lincoln Power Wave*.

Abaixo, mais algumas figuras das juntas soldadas na nova linha de produção.



Fotografia 10. Cordão de solda realizado pela *Lincoln Power Wave*.



Fotografia 11. Cordão de solda realizado pela *Lincoln Power Wave*.



Fotografia 12. Cordão de solda realizado pela *Lincoln Power Wave*.

Pôde-se verificar através da análise dos cordões que alguns dos problemas mais comuns descritos anteriormente como mordeduras, trincas superficiais e porosidade não aconteceram em nenhum dos processos de soldagem e em nenhuma das duas linhas de produção.

Respingos foram minimizados na nova linha de produção com o controle maior dos parâmetros e a uniformidade do cordão em relação a sua largura foi melhorada.

5.2 Consumo de Energia

A energia consumida pela linha antiga foi calculada pelo tempo de arco aberto coletado pela cronometragem manual no experimento. A Tabela 1 mostra o tempo médio de arco aberto para cada cordão feito no componente A da linha antiga.

Tabela 1. Tempo de arco aberto para cada cordão do componente A na linha antiga.

Componente A - Linha Antiga							
Cordão	Tempo [s]	Cordão	Tempo [s]	Cordão	Tempo [s]	Cordão	Tempo [s]
1	1,5	26	6,8	51	2,3	76	2,3
2	9,5	27	3,1	52	6,6	77	5,9
3	2,4	28	1,5	53	4,1	78	7,9
4	1,4	29	1,8	54	11,4	79	2,3
5	1,3	30	1,6	55	7,6	80	2,9
6	10,3	31	1,5	56	1,9	81	2,5
7	10	32	1,8	57	5,2	82	1,6
8	9,5	33	1,5	58	7,5	83	6,1
9	8,2	34	1,7	59	3,7	84	5,3
10	3,2	35	1,3	60	3,1	85	2,2
11	5,5	36	2	61	1,3	86	2,6
12	6,7	37	2,1	62	1,3	87	2,4
13	3,2	38	3,4	63	1,8	88	1,6
14	2,1	39	1,4	64	6,8	89	2,6
15	4,7	40	4,1	65	4,1		
16	5,5	41	2,4	66	1,6		
17	6,4	42	3,1	67	2,3		
18	3,9	43	13	68	2		
19	1,9	44	12,4	69	1,4		
20	6,4	45	12,5	70	1,7		
21	1,8	46	12,8	71	1,6		
22	4,3	47	9,5	72	1,4		
23	3,7	48	11,4	73	2,4		
24	3,8	49	12,4	74	1,5		
25	2,4	50	2,4	75	2,7		

Já os valores coletados com as máquinas da Lincoln, podem ser vistos no ANEXO E. Nele, são mostradas as tabelas que contém o número do cordão, código da máquina de soldagem, tempo de arco em segundos, corrente média em amperes, tensão em volts, velocidade de alimentação em metros por minuto, consumo de energia em quilowatt-hora e quantidade de arame depositado em gramas.

Na Tabela 2 são encontrados os resultados da média aritmética dos valores coletados da energia elétrica consumida. O resultado do cálculo para consumo na máquina da linha antiga é mostrado abaixo.

$$\text{Consumo para a linha antiga} = (230A)(23V)(0,95)(0,106278h) = 0,53 \text{ kWh}$$

Tabela 2. Consumo de energia elétrica para o componente A.

Consumo de Energia	
Linha Antiga	0,53 kWh
Linha Nova	0,49 kWh

A precisão nesses valores é muito maior na nova linha devido ao consumo ser calculado pelo programa instalado. Na antiga linha os tempos cronometrados não são tão precisos. Entretanto, houve uma diminuição no consumo de energia utilizando esse sistema. O que é de grande vantagem para a utilização do sistema proposto quando se trata em redução de custos.

5.3 Consumo de eletrodo

Os valores de massa do metal de adição depositados no metal base para cada teste na linha antiga dividido por componente soldado são mostrados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente A.

Componente A				
Teste	Antes	Depois	Consumo	Desvio Padrão
1	12655,5	12465	190,5	
2	8467,9	8281,4	186,5	
3	5899,1	5715,5	183,6	
4	14345,8	14162,3	183,5	
5	14633,2	14451,2	182	3,43
6	2788,4	2599,6	188,8	
7	2560,4	2380,1	180,3	
8	4120	3935,5	184,5	

Tabela 4. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente B.

Componente B				
Teste	Antes	Depois	Consumo	Desvio Padrão
1	6834	6651,4	182,6	
2	5750,1	5568,7	181,4	
3	1640,6	1460,9	179,7	
4	8533,8	8350,8	183	
5	11690,4	11513	177,4	2,48
6	7788,3	7610,9	177,4	
7	8955,6	8773,2	182,4	
8	1433,1	1255,6	177,5	

Tabela 5. Valores em gramas do consumo de arame para o Componente C.

Componente C				
Teste	Antes	Depois	Consumo	Desvio Padrão
1	555,3	456	99,3	
2	1749	1649	100	
3	11433	11333,5	99,5	
4	14888,1	14788,4	99,7	
5	5432,7	5332,5	100,2	0,36
6	8794,8	8695	99,8	
7	3855,4	3755,9	99,5	
8	10111,4	10011,1	100,3	

Tabela 6. Massa média de arame em gramas depositado na junta.

	Componente A	Componente B	Componente C
Linha Antiga	184,05	180,55	99,75
Linha Nova	185,7	179,2	98,8

Já a Tabela 6, mostra a comparação entre as duas linhas. Baseado nos valores resultantes é possível verificar uma ligeira economia de material na linha nova, mas é ínfima para justificar a troca de máquina só por esse quesito.

Como os testes foram feitos com parâmetros controlados e em grupos pontuais, esses valores eram esperados, visto que a verdadeira economia de material se daria em todo o processo. As possíveis mudanças de parâmetros que o operador poderia efetuar sem a supervisão do engenheiro responsável ou por tamanhos de cordões maiores que o especificado, seriam os principais problemas que evidenciaríamos a economia do sistema controlado.

6 CONCLUSÕES

Através das análises realizadas na inspeção visual da qualidade do cordão de solda individual de cada linha de produção e comparações entre elas pôde-se perceber que a implantação do sistema de controle no processo teve um ganho razoável com relação à uniformidade e melhora significativa na quantidade de respingos durante a soldagem, o que esteve dentro do esperado, visto que o processo MIG/MAG com corrente pulsada, independente do controle informatizado, apresenta uma boa efetividade na solda dos aços carbono.

Já em relação ao consumo de energia elétrica, o menor consumo pela máquina na Lincoln já era esperado. Visto que, as máquinas da Lincoln utilizam a corrente pulsada, que necessitam de uma menor corrente no processo para um mesmo tamanho de cordão do que as antigas, proporcionando então, essa economia.

Para o consumo de arame, os resultados foram similares, pois como foi comentado nos resultados e discussões, a verdadeira economia se daria em evitar os desperdícios ao longo de todo o processo da linha de produção.

Assim, esses três fatores somados justificam a instalação desse sistema de monitoramento. Para a empresa em questão foi de grande importância, pois gerou uma melhora na qualidade de seu produto e uma ligeira economia no consumo, que leva a uma maior lucratividade.

Outro ganho considerável ao se utilizar o *Production Monitoring*TM foi a facilidade e agilidade de coleta de dados relevantes às análises e no seu monitoramento. Com o sistema informatizado, os dados referentes ao processo de soldagem ficam armazenados e são facilmente localizados com uma grande variedade de formatos para exportá-los.

Um ponto interessante a ser levantado sobre isso é a quantidade de dados monitorados e suas variações entre cada soldador. Isso facilita a execução de auditoria sobre o trabalho de cada um.

Algumas funções oferecidas pelo sistema da Lincoln, que utilizam rede e banco de dados não puderam ser analisadas, porém, as funções utilizadas já

justificam a implantação do mesmo para qualquer empresa que tenha uma produção em larga escala.

7 PROPOSTAS FUTURAS

Com algumas funções dessas ferramentas testadas e analisadas neste presente trabalho foi verificado que a instalação das máquinas da Lincoln Electric® justificam a ideia de monitoramento da produção e como proposta para um futuro trabalho seria interessante a utilização das ferramentas que aqui não puderam ser utilizadas com o objetivo de testar a otimização total da produção em relação à variação do tempo de ciclo, troca não programadas de consumíveis, monitoramento de todos os processos sem interrupção, consumo de gás, além de possibilitar auditorias sobre os soldadores em todos os segmentos do processo.

Outra proposta interessante está relacionada não à produção, mas a microestrutura da região soldada através da realização de análises metalográficas e ensaios de resistência observando as variações de fases entre a região da poça de fusão ou zona fundida (ZF) e a zona termicamente afetada (ZTA) na junta, onde a justificativa da utilização dos sistemas da Lincoln Electric® seja feita pelo controle dos parâmetros e conseqüente melhoria nas propriedades da solda.

REFERÊNCIAS

CONTADOR, José Celso. **Produtividade fabril I: método para rápido aumento da produtividade fabril**. Gestão & Produção, v. 1, n. 3, p. 217-238, dez. 1994.

DONAT, Felipe. **Desenvolvimento de Dispositivo Automatizado para Solda Mig em Chapas**. 2009. 68 p. Monografia (Graduação) - Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, UTFPR, Curitiba.

FBTS – Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem: **Inspetor de Soldagem** – Volume , 2ª Edição. 1984.

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GHINATO, P. Publicado como 2o. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

INFOSOLDA. **Processo MIG/MAG – Parâmetros de Soldagem**. Fev. 2013. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/174-processo-mig-mag-parametros-desoldagem.html>>. Acesso em: 03 jan. 2015.

LINCOLN ELECTRIC. **Informativo CheckPoint**. 2012. 22p.

LINCOLN ELECTRIC. **Manual do Usuário CheckPoint**. 2012. 74p.

LINCOLN ELECTRIC. **Manual do Usuário Production Monitoring™**. 2011. 121p.

LINCOLN ELECTRIC. **Manual do Usuário Power Wave S350**. 2014. 4p.

MARANHO, Ossimar. **Soldagem**. Transparências de aula. Curitiba. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 318 slides.

MARQUES, Paulo Villani et al. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3ª edição atualizada – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 363 p.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade**. 10. Ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. 204 p. (Gestão empresarial (FGV Management)).

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, O.J. (Org.) et al. **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SCOTTI, A.; PONOMAREV, V. **Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho**. São Paulo: Artliber Editora, 2008.

SHIBA, Shoji; GRAHAM, Alan; WALDEN, David. **TQM: quarto revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SILVA, Régis Henrique Gonçalves et al. **Fundamentos Científicos e Tecnológicos para o Desenvolvimento do Processo MIG/MAG por Curto-Circuito Controlado (CCC) – Uma Revisão da Literatura. Parte 1 de 3: Aspectos Históricos e dos Mecanismos de Fusão do Arame**. São Paulo: Soldagem & Inspeção, Vol.12, Nº. 3, p.237-243, Jul/Set 2007.

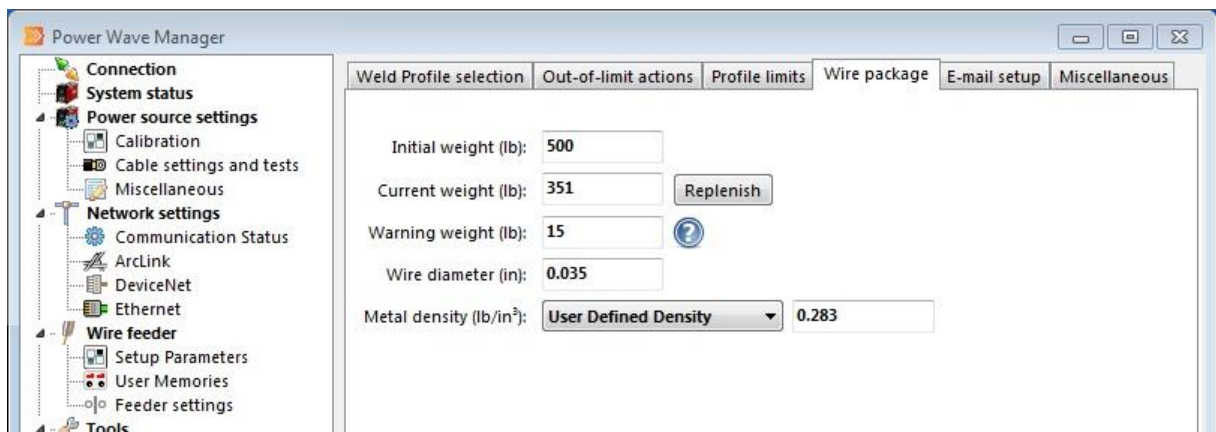
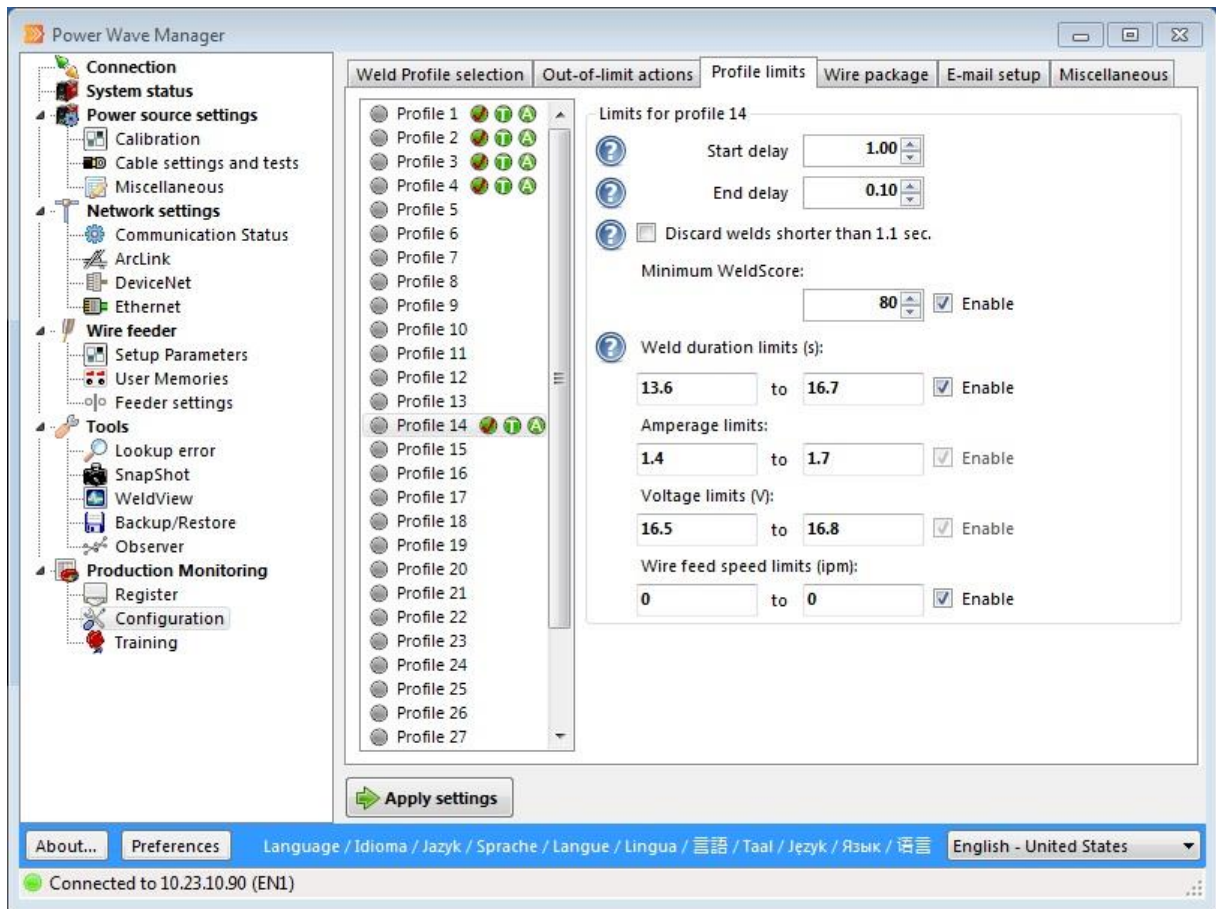
TATAGIBA, Luiz Claudio et al. **Tendências no Desenvolvimento de Gases de Proteção Utilizados na Soldagem MIG/MAG**. São Paulo: Soldagem & Inspeção, Vol.17, Nº. 3, p.218-228, Jul/Set 2012.

TRIBUNAL DE CONTAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2006. Disponível em: <<http://www.tcm.sp.gov.br/qualidad/SGQ.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

ESAB BR. **Soldagem MIG/MAG**. Assistência Técnica. Revisão 2005. 133 p.

WAINER, Emílio et al. **Soldagem: processos e metalurgia**. 3ª reimpressão São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.

ANEXO A – TELAS DO POWERWAVE™



Weld WFS (in/min)

Please select a new value for this item:

Machine limits: 80 to 815

User limits: 60 to 410

654

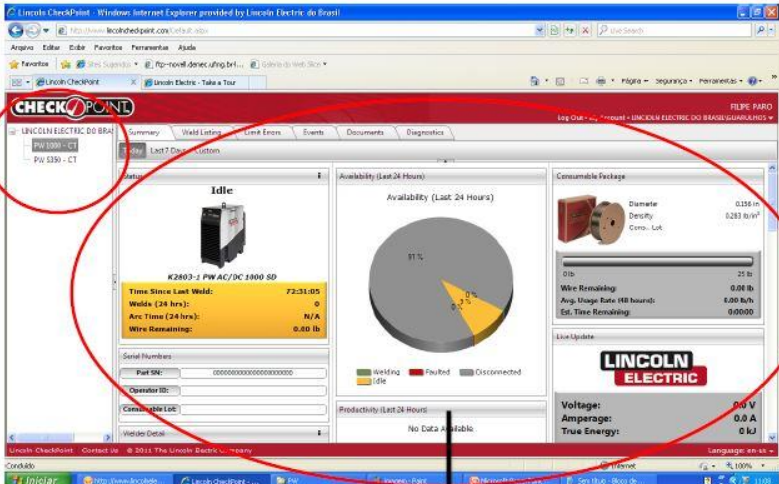
OK Cancel

ANEXO B – TELAS DO CHECKPOINT™

LINCOLN ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS™

Brasil

O Sistema do Lincoln CheckPoint:



✓ **Árvore de Equipamentos**

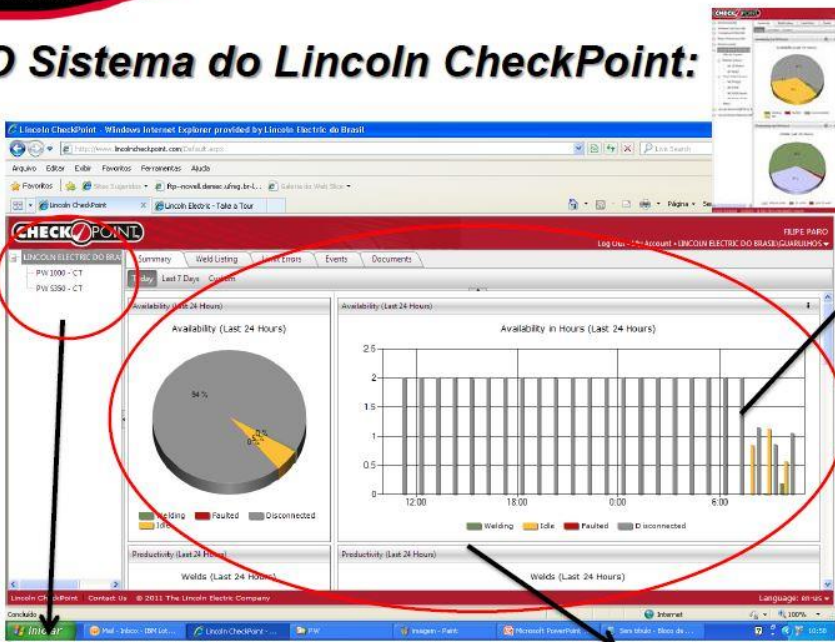
✓ **Visão Geral de um Equipamento: Estado do Equipamento, Disponibilidade, Consumo de Arame, Tensão x Corrente em tempo real.**

South America

LINCOLN ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS™

Brasil

O Sistema do Lincoln CheckPoint:

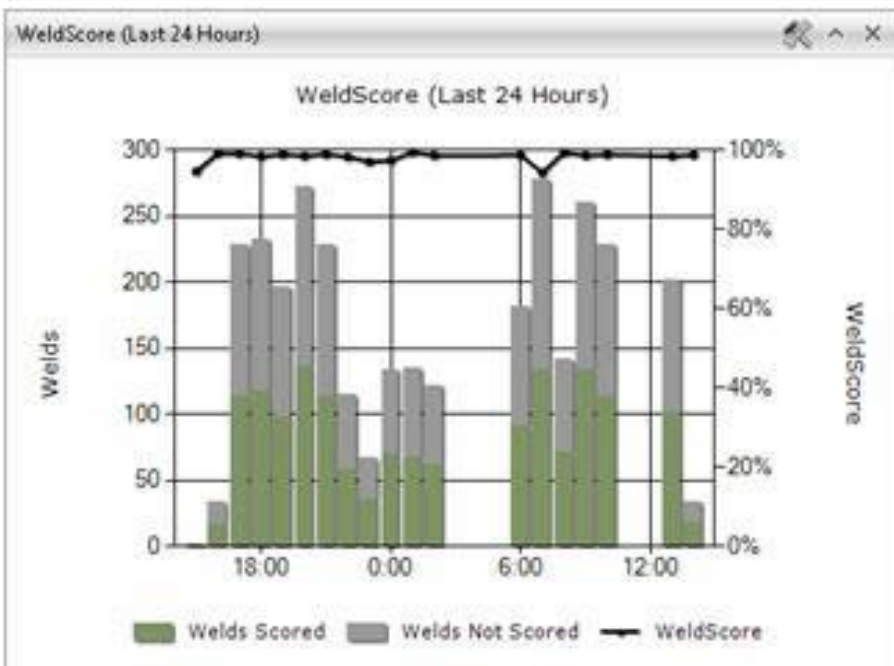
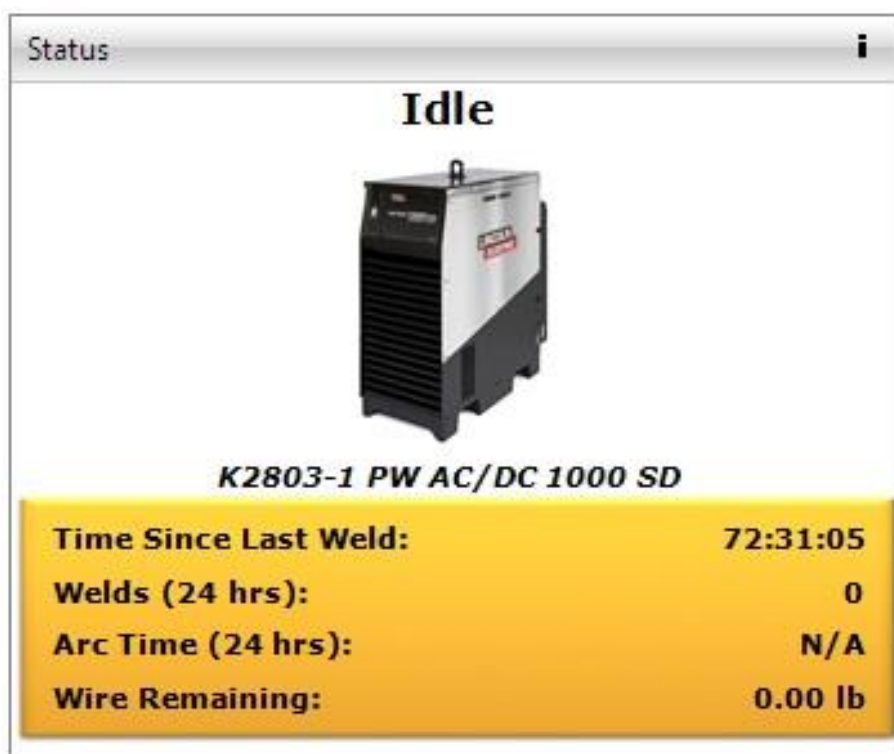


✓ **Widgets Amigáveis**

✓ **Árvore de Equipamentos**

✓ **Visão Geral dos Equipamentos / Produtividade**

South America



Consumable Package



Diameter 0.156 in
 Density 0.283 lb/in³
 Cons. Lot



0 lb

25 lb

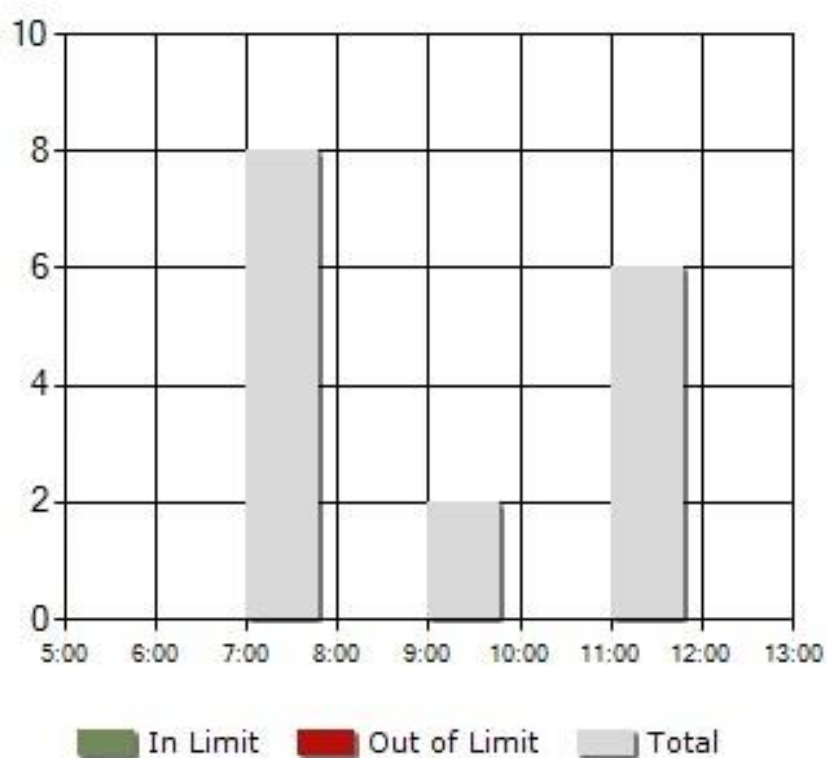
Wire Remaining: 0.00 lb

Avg. Usage Rate (48 hours): 0.00 lb/h

Est. Time Remaining: 0:00:00

Productivity (Last 24 Hours)

Welds (Last 24 Hours)

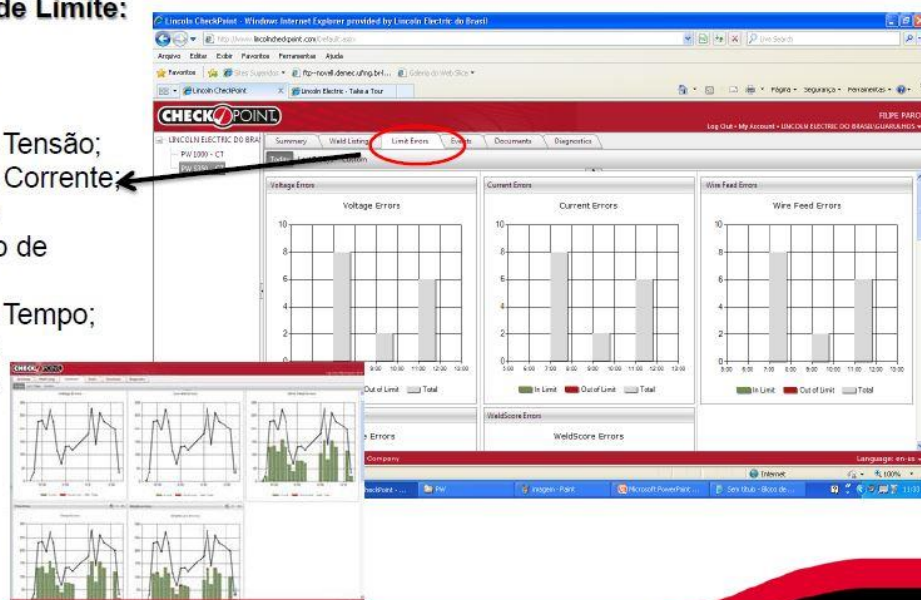


O Sistema do Lincoln CheckPoint:

✓ Falhas de Limite:

■ Gráficos:

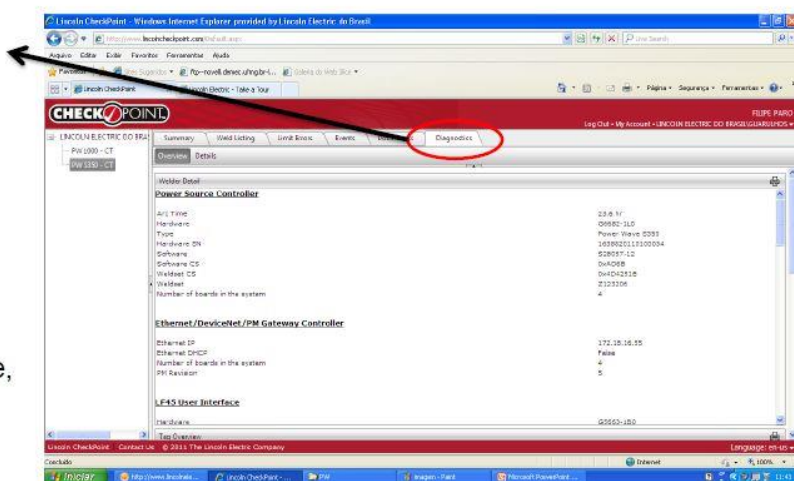
- * Falhas de Tensão;
- * Falhas de Corrente;
- * Falhas de Alimentação de Arame;
- * Falhas de Tempo;
- * Falhas de WeldScore;



O Sistema do Lincoln CheckPoint:

✓ Diagnósticos:

- Informações detalhadas de todos os módulos do equipamento em questão (Controlador do Equipamento, Placa de Comunicação, Alimentador de Arame, ...).



ANEXO C – TELAS DO PRODUCTION MONITORING™

LINCOLN ELECTRIC

Advanced Manufacturing

Line 1

- K2803-1 PW AC/DC 1000 SD
- Power Wave C300
- Power Wave S350
- Key Plant System
- Modified Series Arc
 - MSA Lead Arc (Master & Slave)
 - MSA Trail Arc
- Tandem System

Current Status	Production	Weld Listing	Weld Detail	Traceability	Downtime	Fault Detail
This Production Hour						
		This Production Shift	This Production Day	This Week	This Month	System Capacity
Welder	Welds	Welds Out of Limit	Arc Time	Time of Last Weld	Wire Remaining	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
✓	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
✓	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
✓	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	
?	0	0 (0.00 %)	0.00 hrs (0.00 %)	-	500	

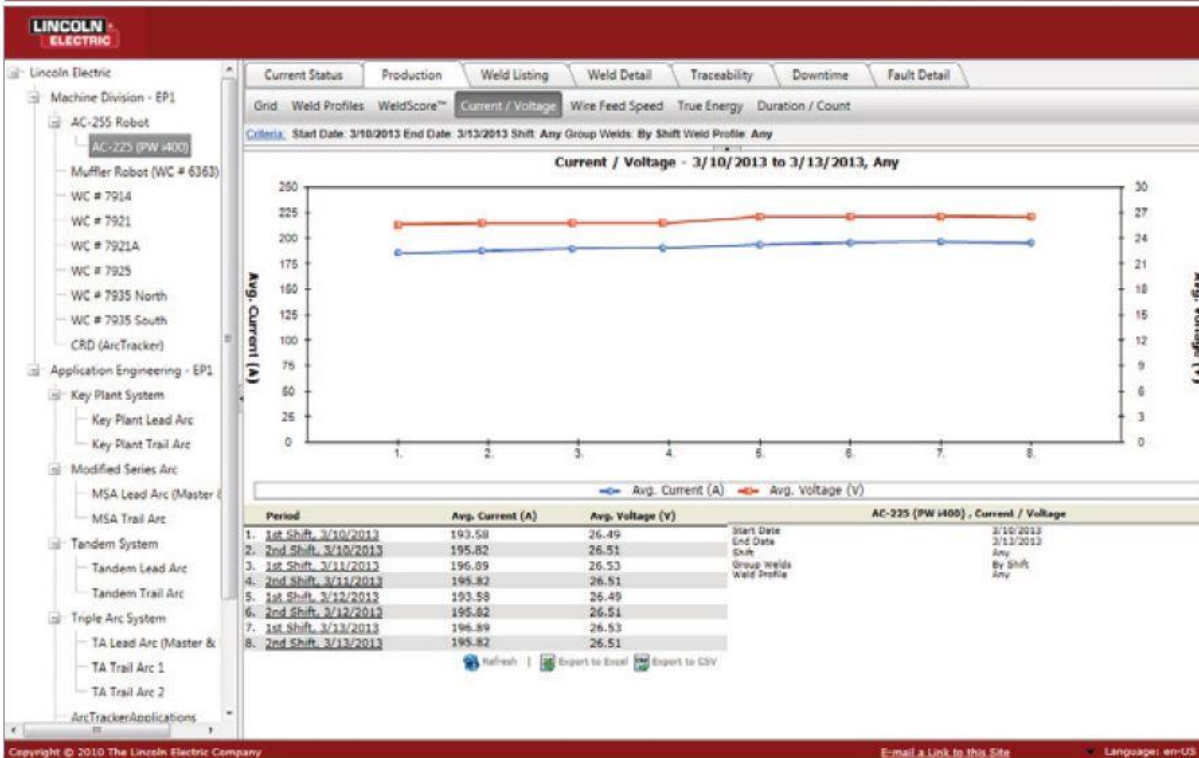
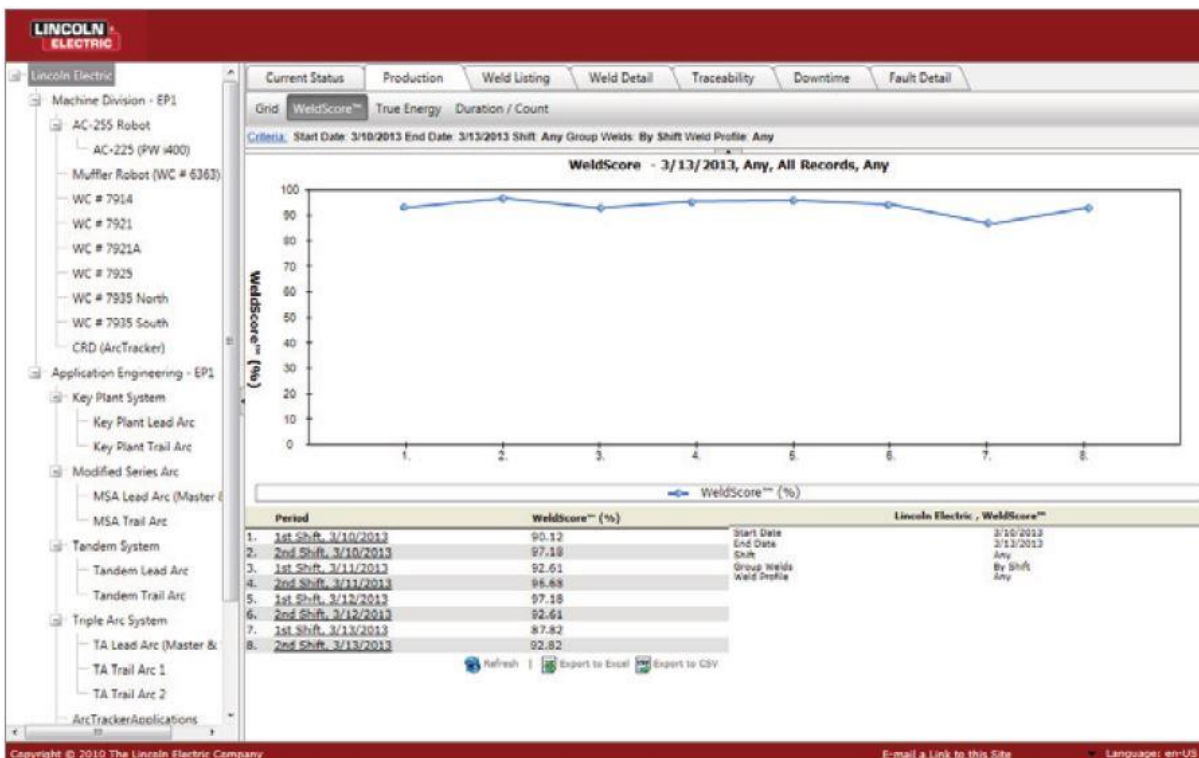
LINCOLN ELECTRIC

Advanced Manufacturing

Line 1

- K2803-1 PW AC/DC 1000 SD
- Power Wave C300
- Power Wave S350
- Key Plant System
- Modified Series Arc
 - MSA Lead Arc (Master & Slave)
 - MSA Trail Arc
- Tandem System

Current Status	Pr
This Production Hour	
This Production Shift	
This Production Day	
This Week	
This Month	
System Capacity	
Welder	
?	K2803-1 PW AC/DC 1000 SD
✓	Power Wave C300
✓	Power Wave S350
?	Key Plant Lead Arc
?	Key Plant Trail Arc
✓	MSA Lead Arc (Master & Slave)
?	MSA Trail Arc
?	Tandem Lead Arc
?	Tandem Trail Arc



ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (E.P.S.) PADRÃO DA EMPRESA

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (E.P.S.)				EPS Nº:	001							
				DATA:	30/01/2014							
				Rev.:	03							
Nome da Planta:			Ref. Padrão: ENS0201, ENS0211, AWS D14.3, AWS B2.1									
Endereço:			RQPS Ref: 001/13 - 002/13									
Processos de Soldagem:		<input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GMAW - P: Modo de Transferência: <input checked="" type="checkbox"/> Curto Circuito <input type="checkbox"/> Spray <input checked="" type="checkbox"/> Globular		<input checked="" type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> GMAW - P: Modo de Transferência: <input checked="" type="checkbox"/> Curto Circuito <input type="checkbox"/> Spray <input checked="" type="checkbox"/> Globular								
Posições		Configuração da Junta / Sequência de Passes e Identificação de Camadas										
<input checked="" type="checkbox"/> Plana <input checked="" type="checkbox"/> Horizontal <input checked="" type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Sobre cabeça												
Modo de Processo: <input type="checkbox"/> Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semi-Auto <input type="checkbox"/> Robotizado <input type="checkbox"/> Automático												
Progressão Vertical: <input checked="" type="checkbox"/> Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input checked="" type="checkbox"/> Filete												
Tipo da Junta: <input checked="" type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Angulo <input type="checkbox"/> Canto <input type="checkbox"/> Aresta <input type="checkbox"/> Sobreposta												
Penetração: <input checked="" type="checkbox"/> Total <input type="checkbox"/> Parcial ETT= <input checked="" type="checkbox"/> Filete												
Cobre Junta: Material: NA Espessura: NA												
Covagem: <input type="checkbox"/> Sim Obs.: <input checked="" type="checkbox"/> Não Obs.:												
Mistura do Gás de Proteção: 90% Ar / 10-CO ₂ Vazão: 12 a 18 l/min												
Condição da superfície do material: LIVRE DE ÓLEO, TINTA E SUJEIRA		Processo de Limpeza: ESCOVAMENTO / ESMERILHAMENTO/DESENGRAXANTE										
Identificação de Material de Base (para CSA W186 indicar o carbono equivalente, max. Fósforo, e teor de enxofre)												
Parte	Classe do material / Especificação e Grade			Espessura ou Diâmetro (mm)	Requisitos Especiais							
I	NBR - 6648 - CG 21			1,6 mm à 13 mm	-							
II	NBR - 6648 - CG 21			1,6 mm à 13 mm	-							
Identificação do Material de Adição												
Processo	Nome Comercial / Fabricante		Classe (AWS)	Especificação (AWS)	Ø (mm)	Nº F	Nº A					
1	OK Aristorod 12.50 Esab		ER 70S-6	SFA 5.18	1,0	6	1					
2	OK Aristorod 12.50 Esab		ER 70S-6	SFA 5.18	1,2	6	1					
Parâmetros de Soldagem												
Esp. (mm)	Tamanho do cordão (mm)	Número da camada	Número do passe	Processo de Soldagem	Diâmetro do Arame (mm)	Faixa de Velocidade de Alimentação do Arame	Faixa de Corrente (A)	Faixa de Tensão (V)	Tipo de Corrente e Polaridade	Faixa da Velocidade de Soldagem	Fluxo de gás	Notas
2 a 6	2 a 8	1	1	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	
4	2 a 8	2	2	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 6 mm
4	2 a 8	2	3	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 6 mm
3	2 a 8	3	4	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
3	2 a 8	3	5	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
3	2 a 8	3	6	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
Pré- Aquecimento, Pós Aquecimento e Temperatura Interpasses:												
Pré aquecimento min.:				Interpasses max.:				Pós aquecimento min.:				
				Interpasses min.:								
Notas:												
Aprovações:												
Desenvolvido:							Data: 30/01/14					
Aprovado:							Data: 30/01/14					
CP-MA-QUALIF.PROC.SOLDA/1												

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (E.P.S.)				EPS Nº.: 012								
				DATA: 15/05/2013 Rev.: 02								
Nome da Planta:		Ref. Padrão: ENS0201, ENS0211, AWS D14.3, AWS B2.1		AWS								
Endereço:		RQPS Ref: 014/13 - 015/13										
Processos de Soldagem:	1	<input type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> SW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW - P:	2	<input type="checkbox"/> GMAW <input type="checkbox"/> FCAW <input type="checkbox"/> SW <input checked="" type="checkbox"/> GMAW - P:								
Modo de Transferência:		Modo de Transferência:										
<input type="checkbox"/> Curto Circuito <input checked="" type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Globular		<input type="checkbox"/> Curto Circuito <input checked="" type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Globular										
Posições	<input checked="" type="checkbox"/> Plana <input checked="" type="checkbox"/> Horizontal <input checked="" type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Sobre cabeça											
Modo de Processo:	<input type="checkbox"/> Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semi-Auto <input type="checkbox"/> Robotizado <input type="checkbox"/> Automatico											
Progressão Vertical	<input checked="" type="checkbox"/> Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input checked="" type="checkbox"/> Filete											
Tipo da Junta	<input checked="" type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Angulo <input type="checkbox"/> Canto <input type="checkbox"/> Aresta <input type="checkbox"/> Sobreposta											
Penetração:	<input checked="" type="checkbox"/> Total <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> ETT= <input checked="" type="checkbox"/> Filete											
Cobre Junta	Material: NA		Espessura: NA									
Goivagem	<input type="checkbox"/> Sim		Obs.:									
	<input checked="" type="checkbox"/> Não		Obs.:									
Mistura do Gás de Proteção:	90% Ar / 10-CO ₂		Vazão: 12 a 18 l/min									
Condição da superfície do material:	LIVRE DE ÓLEO, TINTA E SUJEIRA		Processo de Limpeza: ESCOVAMENTO / ESMERILHAMENTO/DESENGRAXANTE									
Identificação de Material de Base (para CSA W186 indicar o carbono equivalente, max. Fósforo, e teor de enxofre)												
Parte	Classe do material / Especificação e Grade		Espessura ou Diâmetro (mm)	Requisitos Especiais								
I	NBR - 6648 - CG 21		1,6 mm à 13 mm	-								
II	NBR - 6648 - CG 21		1,6 mm à 13 mm	-								
Identificação do Material de Adição												
Processo	Nome Comercial / Fabricante	Classe (AWS)	Especificação (AWS)	Ø (mm)	Nº F	Nº A						
1	OK Aristorod 12.50 Esab	ER 70S-6	SFA 5.18	1,0	6	1						
2	OK Aristorod 12.50 Esab	ER 70S-6	SFA 5.18	1,2	6	1						
Parâmetros de Soldagem												
Esp. (mm)	Tamanho do cordão (mm)	Número da camada	Número do passe	Processo de Soldagem	Diâmetro do Arame (mm)	Faixa de Velocidade de Alimentação do Arame	Faixa de Corrente (A)	Faixa de Tensão (V)	Tipo de Corrente e Polaridade	Faixa da Velocidade de Soldagem	Fluxo de gás	Notas
2 a 6	2 a 8	1	1	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	
4	2 a 8	2	2	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 6 mm
4	2 a 8	2	3	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 6 mm
3	2 a 8	3	4	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
3	2 a 8	3	5	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
3	2 a 8	3	6	GMAW	1,0 ou 1,2	3,5 a 6 m/min	160 - 280	18 - 27	CC+	30cm/min a 60cm/min	12 a 18 l/min	somente para espessuras maiores que 9 mm
Pré- Aquecimento, Pós Aquecimento e Temperatura Interpasses:												
Pré aquecimento min.:				Interpasses max.:				Pós aquecimento min.:				
				Interpasses min.:								
Notas:												
Aprovações:												
Desenvolvido por:				Aprovado por:				Data: 15/05/13				
								Data: 15/05/13				

ANEXO E – MÉDIA ARITMÉTICA DOS DADOS COLETADOS PELO PRODUCTION MONITORING™ NOS OITO TESTES

Componente A

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
1	PW 7505	1,3	154,7	26,3	5,99	0,001836111	0,64
2	PW 7505	8,7	163,2	24,6	6,30	0,011513889	4,45
3	PW 7505	1,4	148,3	21,7	5,72	0,001894444	0,64
4	PW 7505	1,3	148,1	28,9	6,05	0,001847222	0,64
5	PW 7505	1,7	143,5	21,8	5,79	0,002136111	0,82
6	PW 7505	9,3	156,8	24,1	6,30	0,011858333	4,76
7	PW 7505	7,9	160,5	24,6	6,30	0,010219444	4,04
8	PW 7505	8,8	166,2	24,5	6,30	0,01195	4,49
9	PW 7505	8,6	161,5	24,7	6,30	0,011211111	4,40
10	PW 7505	2,1	158,8	24,8	6,12	0,003019444	1,04
11	PW 7505	7,7	166,9	24,8	6,30	0,010411111	3,95
12	PW 7505	7,8	160,4	24,6	6,32	0,010102778	3,99
13	PW 7505	1,3	166,5	20,4	5,72	0,001947222	0,59
14	PW 7505	1,3	144,5	28,1	5,99	0,001755556	0,64
15	PW 7505	5,7	146,2	25,3	6,27	0,007102778	2,90
16	PW 7505	4,1	151	24,2	6,20	0,005375	2,04
17	PW 7505	6	153,1	24,5	6,27	0,007566667	3,04
18	PW 7505	3,6	165,1	25,2	6,22	0,004888889	1,81
19	PW 7505	1,4	144,1	29,5	6,05	0,001852778	0,68
20	PW 7505	6,9	158,1	24	6,27	0,00895	3,49

Componente A						continuação	
Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
21	PW 7505	1,4	137,7	21,3	5,66	0,001875	0,64
22	PW 7505	5	156,1	25,8	6,27	0,006508333	2,54
23	PW 7505	3,7	145,2	25,8	6,22	0,004658333	1,86
24	PW 7505	3,9	140,9	23,8	6,12	0,004802778	1,95
25	PW 7505	1,7	134,4	21,9	5,92	0,002227778	0,82
26	PW 7505	6,1	139,4	24,5	6,27	0,007344444	3,08
27	PW 7505	3,9	161,6	23,1	6,15	0,005386111	1,95
28	PW 7505	1,2	141	27,7	5,99	0,001638889	0,59
29	PW 7505	1,2	137,2	25,8	5,92	0,001522222	0,59
30	PW 7505	1,3	176,9	19,9	5,64	0,001961111	0,59
31	PW 7505	1,2	145,2	29,7	6,10	0,001625	0,59
32	PW 7505	1,6	149,3	26,1	6,10	0,002105556	0,77
33	PW 7505	1,4	166,6	20,7	5,84	0,002058333	0,68
34	PW 7505	1,5	145,4	28,7	6,07	0,002036111	0,73
35	PW 7505	1,7	139,8	26,4	6,05	0,002138889	0,82
36	PW 7505	1,5	141,8	24,6	5,94	0,001877778	0,73
37	PW 7505	1,7	149,6	21,5	5,89	0,002355556	0,82
38	PW 7505	1,5	160,6	24,2	6,02	0,002111111	0,73
39	PW 7505	1,7	176,3	23,8	6,02	0,002569444	0,82
40	PW 7505	1,2	142,4	29,6	6,10	0,001708333	0,59
41	PW 7505	1,5	144,1	30,1	6,07	0,002011111	0,73
42	PW 7505	1,2	153,1	20,2	5,64	0,001730556	0,54
43	PW 7504	10	168,9	24,7	6,27	0,013702778	5,08

Componente A						continuação	
Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
44	PW 7504	13	163,3	24,9	6,35	0,017477778	6,67
45	PW 7504	9,9	165,5	23,5	6,30	0,013605556	5,03
46	PW 7504	16,9	158,3	24	6,32	0,022205556	8,66
47	PW 7504	10,6	163,1	24	6,30	0,014241667	5,40
48	PW 7504	10,6	162,4	23,6	6,30	0,014261111	5,40
49	PW 7504	10,4	162,4	24,3	6,32	0,014002778	5,35
50	PW 7504	1,4	153,8	21,3	5,94	0,001955556	0,68
51	PW 7504	1,3	129,9	25,7	5,77	0,001813889	0,59
52	PW 7504	6,2	170,4	25,5	6,30	0,008566667	3,18
53	PW 7504	6,2	171,7	23,4	6,25	0,008758333	3,13
54	PW 7504	12,7	156,5	23,6	6,30	0,016563889	6,49
55	PW 7504	6,6	166,4	23,5	6,30	0,009175	3,36
56	PW 7504	1,5	139,6	21,4	5,94	0,002038889	0,73
57	PW 7504	4	162,4	23	6,17	0,005597222	2,00
58	PW 7504	5,2	168,8	23,2	6,22	0,007366667	2,63
59	PW 7504	1,3	150,1	20,7	5,84	0,001866667	0,64
60	PW 7504	1,3	153,8	25,5	5,99	0,001905556	0,64
61	PW 7504	2,2	146,4	25,5	6,17	0,002883333	1,09
62	PW 7504	1,4	141,8	21,5	5,92	0,001869444	0,68
63	PW 7504	1,3	149,1	20,7	5,87	0,001838889	0,64
64	PW 7504	5	158,2	24,2	6,30	0,006644444	2,54
65	PW 7504	4	171,6	23	6,20	0,005744444	2,00
66	PW 7504	0,9	144,2	19,6	5,56	0,001652778	0,41

Componente A						continuação	
Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
67	PW 7504	1,7	148,4	21,6	6,02	0,002375	0,82
68	PW 7504	2	151,6	24,7	6,15	0,002736111	1,00
69	PW 7504	1,9	152,6	21,7	6,02	0,002691667	0,91
70	PW 7504	1,8	161,1	24	6,12	0,002530556	0,91
71	PW 7504	1,7	149,8	25,4	6,10	0,002302778	0,86
72	PW 7504	2	155,5	21,8	5,97	0,002813889	0,95
73	PW 7504	2	156,8	21,8	5,99	0,002877778	0,95
74	PW 7504	1,8	149,4	21,9	6,02	0,002469444	0,86
75	PW 7504	1,8	147,4	21,7	5,99	0,002483333	0,86
76	PW 7504	2	158,5	21,9	5,97	0,002838889	0,95
77	PW 7504	5,3	164,8	23,4	6,22	0,007427778	2,68
78	PW 7504	6,3	159	23,3	6,25	0,008305556	3,18
79	PW 7504	2	168,9	21,8	6,07	0,002983333	1,00
80	PW 7504	2,1	158,6	22	6,05	0,003091667	1,04
81	PW 7504	1,4	148,9	23,8	6,05	0,001886111	0,68
82	PW 7504	1,5	148,9	23,3	6,10	0,002047222	0,73
83	PW 7504	4,5	156	24,3	6,27	0,006036111	2,27
84	PW 7504	5,2	153	24,7	6,30	0,006827778	2,68
85	PW 7504	2,1	150,6	22,2	6,05	0,002894444	1,04
86	PW 7504	2,3	148,2	22,5	6,05	0,003272222	1,13
87	PW 7504	2,2	157,5	22,3	6,07	0,003025	1,09
88	PW 7504	1,8	151,4	25,4	6,17	0,002461111	0,91
89	PW 7504	1,9	154,5	23,6	6,12	0,002752778	0,95

Componente B

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
1	PW 7500	0,9	181,6	25	6,68	0,001775	0,50
2	PW 7500	0,2	59,7	32	7,42	0,000152778	0,14
3	PW 7500	12,2	205,1	26,6	7,59	0,022344444	7,53
4	PW 7500	11,8	203,6	26,7	7,62	0,021602778	7,30
5	PW 7500	13,5	203,8	27,1	7,62	0,024380556	8,35
6	PW 7500	12,7	212,6	26,7	7,62	0,023922222	7,85
7	PW 7500	10,7	211	26,8	7,59	0,019816667	6,58
8	PW 7500	13,4	209,7	26,8	7,62	0,024888889	8,26
9	PW 7500	4,1	198,4	26,7	7,47	0,007388889	2,49
10	PW 7500	4,2	203,4	25,6	7,44	0,007844444	2,54
11	PW 7500	4,8	208,9	26,1	7,52	0,00905	2,90
12	PW 7500	5,3	193	26	7,49	0,009297222	3,22
13	PW 7500	1,4	169,8	23,8	7,06	0,002436111	0,82
14	PW 7500	1	157	21,8	6,78	0,001777778	0,54
15	PW 7500	0,9	162,2	21,8	6,71	0,001613889	0,50
16	PW 7500	0,9	163,7	21,6	6,73	0,001611111	0,50
17	PW 7500	1,2	170,3	22,6	6,96	0,002077778	0,68
18	PW 7500	1	160,3	21,5	6,73	0,001691667	0,54
19	PW 7500	0,8	167,3	20,5	6,60	0,001627778	0,41
20	PW 7500	0,9	159,9	21,6	6,68	0,001594444	0,50
21	PW 7500	0,9	165,8	21,5	6,71	0,001508333	0,50
22	PW 7500	5	189,9	26,1	7,49	0,008863889	3,04
23	PW 7500	4,7	186,4	26	7,49	0,008208333	2,86

Componente B

continuação

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
24	PW 7500	4,6	196,7	25,8	7,47	0,008272222	2,77
25	PW 7500	4,4	207,8	25,9	7,47	0,008258333	2,68
26	PW 7500	4,2	197,1	25,9	7,47	0,007813889	2,54
27	PW 7500	5,4	205,7	26,7	7,57	0,009972222	3,31
28	PW 7500	5,4	199,1	26,1	7,49	0,0098	3,27
29	PW 7500	5,2	198,3	26,1	7,49	0,009513889	3,18
30	PW 7500	5,3	199,1	26,1	7,52	0,009580556	3,22
31	PW 7500	4,9	202,5	26	7,49	0,008827778	2,99
32	PW 7500	4,3	202,8	25,9	7,49	0,007936111	2,63
33	PW 7500	4,7	200,4	26,2	7,52	0,008608333	2,86
34	PW 7500	4,4	195,5	25,9	7,47	0,007775	2,68
35	PW 7500	4,3	196,7	25,7	7,47	0,007730556	2,59
36	PW 7500	0,6	147,5	18,8	6,35	0,001058333	0,32
37	PW 7500	5	203,8	26,1	7,52	0,0093	3,04
38	PW 7500	5,2	180,3	26,5	7,57	0,008713889	3,18
39	PW 7500	5,1	194,3	26,1	7,52	0,009111111	3,13
40	PW 7500	5,7	194,5	27	7,59	0,010141667	3,49
41	PW 7500	6,5	195,1	26,4	7,54	0,011563889	3,99
42	PW 7500	4,6	204,8	27	7,49	0,008480556	2,81
43	PW 7500	5,1	200,2	26	7,49	0,009533333	3,08
44	PW 7500	4,9	196,4	25,9	7,49	0,008905556	2,99
45	PW 7500	4,7	198,3	26,2	7,47	0,008413889	2,86
46	PW 7500	5,1	196,8	26,7	7,57	0,009183333	3,13

Componente B

continuação

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
47	PW 7500	7,2	192,5	26,4	7,57	0,012616667	4,40
48	PW 7500	6	205,6	26,3	7,52	0,011266667	3,67
49	PW 7500	4,4	194,5	25,9	7,49	0,007938889	2,68
50	PW 7500	5,1	190,6	26,1	7,49	0,009033333	3,08
51	PW 7500	5,5	196,2	26,3	7,52	0,009888889	3,36
52	PW 7500	4,5	194,8	25,9	7,49	0,008319444	2,72
53	PW 7500	7,6	197,9	26,4	7,54	0,013552778	4,63
54	PW 7500	0,7	137,3	20,7	6,58	0,001247222	0,36
55	PW 7500	1,5	161,4	25,4	7,09	0,002405556	0,86
56	PW 7500	6,3	194,7	26,6	7,54	0,010936111	3,86
57	PW 7500	6,6	194,4	26,4	7,54	0,011741667	4,04
58	PW 7500	4,5	202,5	25,9	7,47	0,008163889	2,72
59	PW 7500	6,2	201,5	26,3	7,54	0,011369444	3,81
60	PW 7500	5,2	195,8	27,1	7,52	0,009327778	3,18

Componente C

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
1	PW 7505	0,4	93,2	14,6	3,81	0,000525	0,14
2	PW 7505	2,2	137,3	21,7	4,75	0,002763889	0,86
3	PW 7505	3,1	142,1	22,1	4,80	0,003866667	1,22
4	PW 7505	0,8	148,2	22,1	6,55	0,001441667	0,41
5	PW 7505	15,5	126,2	25,2	4,93	0,015419444	6,17
6	PW 7505	4,6	135,7	24	4,93	0,005425	1,81
7	PW 7505	4,6	129,3	23,8	4,93	0,005316667	1,81
8	PW 7505	1,7	191,1	24	7,14	0,003194444	1,00
9	PW 7505	1,6	173,8	23,9	7,14	0,002991667	0,91
10	PW 7505	9	188	26,6	7,57	0,015675	5,53
11	PW 7505	2,8	182	25,5	7,37	0,004894444	1,68
12	PW 7505	4,4	183,3	26,2	7,49	0,0078	2,68
13	PW 7505	0,9	128,9	17,7	4,42	0,001272222	0,32
14	PW 7505	0,6	112,3	26,5	4,67	0,0007	0,23
15	PW 7505	8,5	136,5	22,9	4,95	0,009544444	3,40
16	PW 7505	4,8	136,3	21,5	4,85	0,005436111	1,91
17	PW 7505	5,9	134	22	4,88	0,006536111	2,31
18	PW 7505	0,8	132	17,8	4,37	0,000886111	0,27
19	PW 7505	0,9	129,7	26,6	4,78	0,0011	0,36
20	PW 7505	0,8	117,9	17,8	4,37	0,000975	0,27
21	PW 7505	1	131,5	20,9	4,57	0,001127778	0,36
22	PW 7505	0,7	116,1	16,7	4,24	0,000919444	0,23
23	PW 7505	1	133,1	26,6	4,80	0,001269444	0,41

Componente C

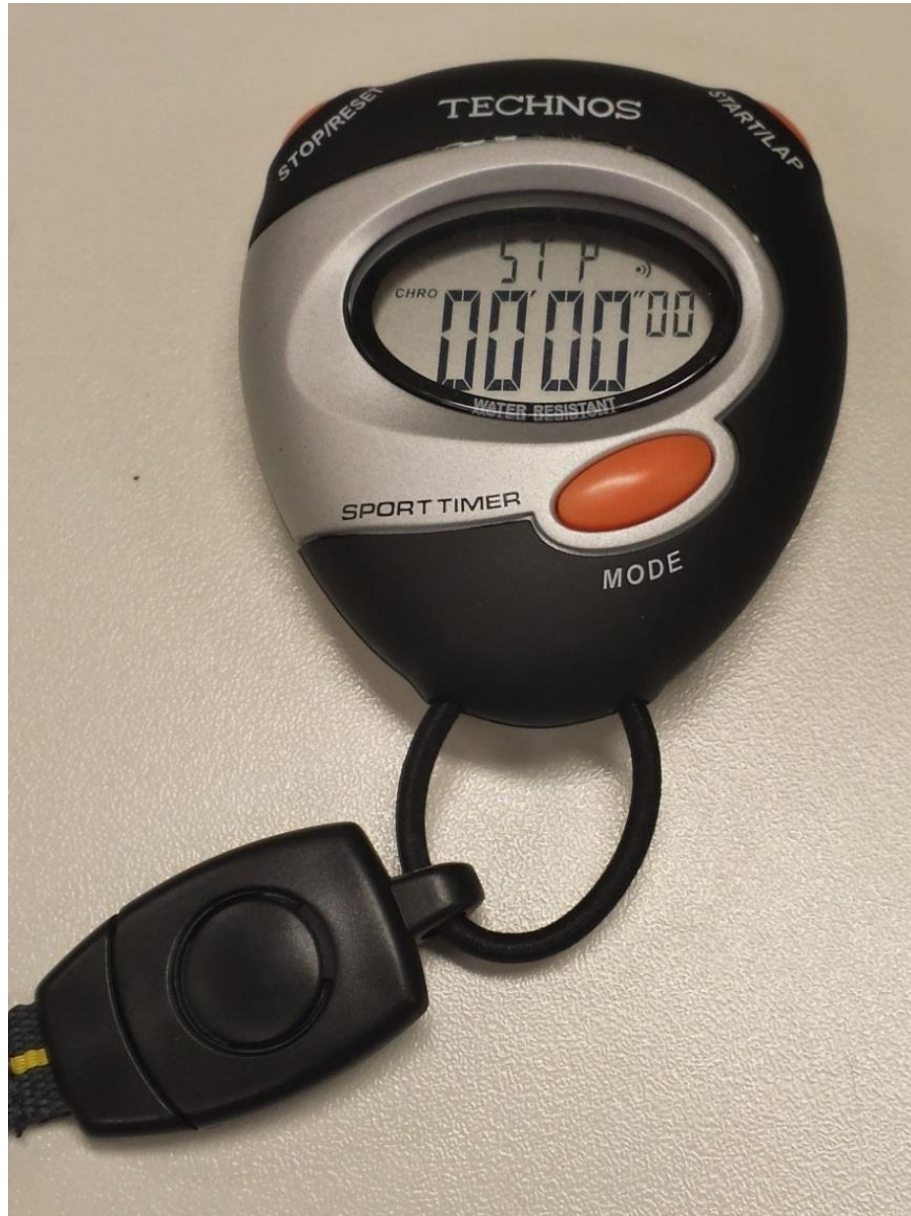
continuação

Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
24	PW 7505	0,9	129,5	17,8	4,39	0,001113889	0,32
25	PW 7505	1	118,9	17,8	4,42	0,001027778	0,36
26	PW 7505	1,3	129,8	30,5	4,37	0,001872222	0,45
27	PW 7505	0,6	98,7	25,1	4,06	0,000633333	0,18
28	PW 7505	2,1	132,8	22,1	4,78	0,002269444	0,82
29	PW 7505	4,8	138,6	21,5	4,85	0,005458333	1,91
30	PW 7505	6,5	136,2	22,4	4,93	0,007188889	2,59
31	PW 7505	9,6	132,8	23	4,90	0,010786111	3,81
32	PW 7505	8,7	134,7	23	4,90	0,009802778	3,45
33	PW 7505	8,5	140,2	23,8	4,93	0,010002778	3,40
34	PW 7505	1	115,2	20,1	4,50	0,001130556	0,36
35	PW 7505	0,7	154,5	20,4	6,40	0,001408333	0,36
36	PW 7505	0,5	135,4	17,9	6,27	0,000941667	0,27
37	PW 7505	0,9	154,8	21,4	6,76	0,001455556	0,50
38	PW 7505	10,8	189,1	26,7	7,59	0,018791667	6,67
39	PW 7505	6,5	151,7	24,2	4,93	0,008197222	2,59
40	PW 7505	7,8	140,7	22,9	4,88	0,0094	3,08
41	PW 7505	7,8	133	22,9	4,88	0,008836111	3,08
42	PW 7505	6,9	133,4	22,9	4,90	0,007994444	2,72
43	PW 7505	7	123,9	22,7	4,88	0,007222222	2,77
44	PW 7505	5,9	131,7	21,8	4,88	0,006566667	2,31
45	PW 7505	9,5	130,1	22,6	4,95	0,009872222	3,81
46	PW 7505	8,5	124,2	22,6	4,93	0,008722222	3,40

Componente C			continuação				
Cordão	Máquina	Tempo de arco (s)	Corrente Média (A)	Tensão Média (V)	WFS Média (m/min)	Energia Verdadeira (kWh)	Deposição (g)
47	PW 7505	9,9	124,5	22,5	4,93	0,010144444	3,95
48	PW 7505	9,6	124,2	23,1	4,95	0,0099	3,86
49	PW 7505	1,3	131,7	19,3	4,60	0,001558333	0,50
50	PW 7505	0,8	122,4	26,7	4,75	0,000975	0,32
51	PW 7505	9,7	130,2	22,9	4,95	0,01015	3,90
52	PW 7505	8,8	122,4	22,3	4,93	0,008963889	3,49

ANEXO F – MANUAL DE INSPEÇÃO VISUAL PARA CORDÕES DE SOLDA





ANEXO G – MANUAL DE INSPEÇÃO VISUAL PARA CORDÕES DE SOLDA

INSPEÇÃO VISUAL

Aceitação por Atributo

Soldagem ao Arco Elétrico

Cordão Não Homogêneo
Pequenas saliências que surgem ao redor da região soldada.
causas prováveis: Alta velocidade de avanço da tocha; Posição inadequada de soldagem.
correções: Soldar com velocidade apropriada; adequar a posição de soldagem.

Poros Superficiais
Pequenos poros na superfície do cordão de solda.
causas prováveis: Limpeza inadequada da junta (umidade, óleo, ferrugem, etc...); falta de gás de proteção nos processos que utilizam eletrodos revestidos úmidos.
correções: Limpeza da junta; verificar a vazão do gás de proteção; utilizar eletrodos revestidos que estão devidamente armazenados.

Respingos
Globulos de metal de adição transferidos durante a soldagem e aderidos à superfície do metal base ou a zona fundida já solidificada.
causas prováveis: Posicionamento incorreto da tocha; mistura do gás de proteção inadequada e/ou vazão.
correções: Posicionar corretamente a tocha e verificar a composição e/ou vazão do gás de proteção.

Trincas Superficiais
Fissuras na superfície dos cordões de solda.
causas prováveis: União com pouca abertura; baixa intensidade da corrente de soldagem; eletrodos revestidos ou chapas úmidas.
correções: Aumentar a abertura das uniões; aumentar a intensidade da corrente de soldagem; utilizar eletrodos revestidos que estão devidamente armazenados.

Inclusões de Arame
Pequenos pedaços de arame que ficam inclusos no cordão de solda.
causa provável: Baixa intensidade da corrente de soldagem.
correção: Aumentar a intensidade da corrente de soldagem.

Mordeduras
Depressão sob a forma de entalhe, no metal base acompanhando a margem da solda.
causa provável: Alta corrente de soldagem em função da espessura da chapa a ser soldada.
correção: Diminuir a intensidade de corrente.

Soldagem por Resistência Elétrica

Rebarbas
Pequenas saliências que surgem ao redor da região soldada.
causas prováveis: Parâmetros de soldagem mal regulados; compressão dos eletrodos muito alta.
correção: Regular os parâmetros corretamente para as espessuras das chapas a serem soldadas.

Chapas Amassadas
Amassamento das chapas na região soldada.
causas prováveis: Eletrodos desalinhados; chapas não estavam posicionadas perpendicularmente aos eletrodos.
correções: Alinhar os eletrodos; posicionar as chapas corretamente.

Atributos

Aceitável **Não Aceitável**

Atributos

Aceitável **Não Aceitável**

Numero:	Posto:	Operação:	Modelo:
Revisão:	Data Revisão:	A.M.	Aprovação:

Soldagem ao Arco Elétrico

Atributos

Cordão Não Homogêneo
causas prováveis: Alta velocidade de avanço da tocha; Posição inadequada de soldagem.
correções: Soldar com velocidade apropriada; adequar a posição de soldagem.

Poros Superficiais
Pequenos poros na superfície do cordão de solda.
causas prováveis: Limpeza inadequada da junta (umidade, óleo, ferrugem, etc...); falta de gás de proteção nos processos que utilizam eletrodos revestidos úmidos.
correções: Limpeza da junta; verificar a vazão do gás de proteção; utilizar eletrodos revestidos que estão devidamente armazenados.

Atributos

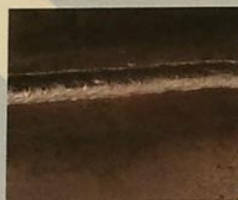
Aceitável **Não Aceitável**

Respingos

Glóbulos de metal de adição transferidos durante a soldagem e aderidos à superfície do metal base ou à zona fundida já solidificada.

causas prováveis: Posicionamento incorreto da tocha; mistura do gás de proteção inadequada e/ou vazão.

correções: Posicionar corretamente a tocha e verificar a composição e/ou vazão do gás de proteção.



Trincas Superficiais

Fissuras na superfície dos cordões de solda.

causas prováveis: União com pouca abertura; baixa intensidade da corrente de soldagem; eletrodos revestidos ou chapas úmidas.

correções: Aumentar a abertura das uniões; aumentar a intensidade da corrente de soldagem; utilizar eletrodos revestidos que estão devidamente armazenados.



Inclusões de Arame

Pequenos pedaços de arame que ficam inclusos no cordão de solda.

causa provável: Baixa intensidade da corrente de soldagem.

correção: Aumentar a intensidade da corrente de soldagem.



Mordeduras

Depressão sob a forma de entalhe, no metal base acompanhando a margem da solda.

causa provável: Alta corrente de soldagem em função da espessura da chapa a ser soldada.

correção: Diminuir a intensidade de corrente.

