

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**IMPLANTAÇÃO DE REENGENHARIA NO PROCESSO DE  
SOLDAGEM EM UMA EMPRESA DA REGIÃO NORDESTE**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**SÉRGIO ALVARES DA COSTA NEVES FILHO**

**RECIFE, AGOSTO DE 2007**

**N518Í      Neves Filho, Sérgio Álvares da Costa.**

Implantação de reengenharia no processo de soldagem em uma empresa da região nordeste / Sérgio Álvares da Costa Neves Filho.-Recife: O Autor, 2007.  
viii, 136 folhas.: il., fig.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Mecânica, 2007.

Inclui bibliografia e apêndices.

1. Engenharia Mecânica. 2. Reengenharia – Soldagem - Processos. 3. Processo de solda MIG / MAG. 4. Reengenharia Empresa de soldagem - Região Nordeste, I. Título.

**621    CDD (22. ed.)**

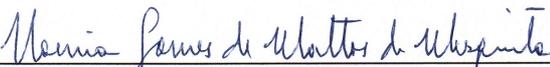
**UFPE  
BCTG/2007-95**

“IMPLANTAÇÃO DE REENGENHARIA NO PROCESSO DE SOLDAGEM”.  
EM UMA EMPRESA DA REGIÃO NORDESTE”.

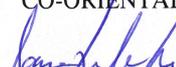
SÉRGIO ÁLVARES DA COSTA NEVES FILHO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MATERIAIS E FABRICAÇÃO  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA/CTG/EEP/UFPE

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. NOEMIA GOMES DE MATTOS DE MESQUITA  
ORIENTADORA/PRESIDENTE

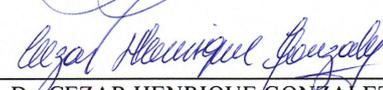
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. RICARDO ARTUR SANGUINETTI FERREIRA  
CO-ORIENTADOR

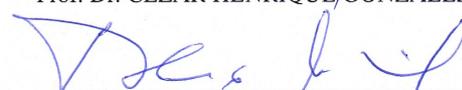
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. ANA ROSA MENDES PRIMO  
COORDENADORA DO CURSO

BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. NOEMIA GOMES DE MATTOS DE MESQUITA (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. RICARDO ARTUR SANGUINETTI FERREIRA (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. CEZAR HENRIQUE GONZÁLEZ (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. THEOPHILO MOURA MACIEL (UFCG)

À memória dos meus avôs Adelfo Moraes e Maria Ascensão,  
Aos meus pais Sérgio Neves e Adelle Neves,  
À minha esposa Tânia Neves,  
Aos meus filhos: Caio e Thais Neves.

## **AGRADECIMENTOS**

Para a realização deste trabalho várias pessoas e entidades foram de fundamental importância. Agradeço especialmente aos professores Noemia Gomes de Mattos de Mesquita, Ricardo Arthur Sanguinetti Ferreira pela efetiva participação em todas as fases do trabalho, não esquecendo também, das contribuições dos professores: Yogendra Prasad Yadava; César Herique Gonzalez e Theophilo Moura Maciel.

Agradeço a secretária Eliane Alves, pelos esclarecimentos e informações durante o período do mestrado.

A todos os colegas que conviveram comigo durante a realização do curso, pela amizade e incentivo.

A minha esposa e filhos pela compreensão, amor, dedicação e incentivo; fundamentais para a concretização deste sonho.

Aos estagiários e funcionários do setor de fabricação de cilindros da Prevenção Indústria Comércio e Serviços pela ajuda nos levantamentos dados, e no incentivo para a implantação de todas as mudanças que foram necessárias durante o desenvolvimento e a implantação deste trabalho.

À diretoria desta empresa pelo incentivo e credibilidade fornecendo os recursos necessários para a conclusão dos trabalhos.

A todos os amigos e familiares que dispuseram de paciência, tolerância e incentivos, sempre colocando seus conhecimentos e experiências à minha disposição, os meus mais sinceros agradecimentos.

## **RESUMO**

Devido à expansão do projeto SUAPE, com a chegada a Pernambuco de empresas de grande porte como a refinaria e o estaleiro, há a necessidade de contratação de muitos fornecedores e prestadores de serviços. Existe, portanto a expectativa de que sejam implantadas mais de 200 empresas na região até 2010 que conseqüentemente acarretará numa movimentação econômica e financeira do estado, sobretudo para empresas ligadas à engenharia. Este trabalho apresenta uma metodologia elaborada para implantar a reengenharia nos processos de soldagem de uma empresa da região, visando uma redução de custo e uma maximização da produção com melhor qualidade na fabricação dos cilindros de aço de baixa pressão. Para se conseguir estas melhorias foi necessário: escolher os processos a serem reformulados; escolher o grupo que executará os trabalhos de reengenharia; compreender os processos na forma que estavam sendo executados; estabelecer como devem ser estes processos no futuro; determinar as medidas necessárias para reformula-los e executar o plano para por em prática as modificações desejadas.

Palavra Chave – Reengenharia; Solda MIG/MAG

## **ABSTRACT**

Due to the expansion of SUAPE project with the arrival of large port industries like petroleum refinery and naval shipyard in the Pernambuco state, there is a necessity to contract many suppliers and service contractors. There exists, therefore, a expectation that more than 200 companies have to be established in this region up to 2010, which, in consequence, will cause a substantial increase in the financial movement and economy of the state, particularly for the engineering companies. This work presents a methodology elaborated to implant reengineering in the welding process of a company of the region, in view to reduce the production cast and maximize the production with better quality in fabrication of low pressure steel cylinders. To achieve these improvements, it had been necessary to: choose the processes to be reformulated; choose the group that executed the works of reengineering; understand the processes in the form that were executed; establish how these processes should be implemented in the future; determine the measures necessary to reformulate them and to execute the plan in practice for desired modifications.

Key Word: Reengineering; GMAW-Gas Metal Arc Welding

## SUMÁRIO

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | INTRODUÇÃO  | 1  |
| 1 | REVISÃO BIBLIOGRAFICA                                       | 2  |
| 2 | 2.1 Reengenharia de Processos                               | 2  |
|   | 2.2 Processos de Soldagem                                   | 6  |
|   | 2.2.1 Histórico   | 6  |
|   | 2.2.2 O que é Soldagem                                      | 6  |
|   | 2.2.2.1 Soldagem com Eletrodo Revestido                     | 7  |
|   | 2.2.2.2 Soldagem a Arco Gás Tungstênio                      | 8  |
|   | 2.2.2.3 Soldagem a Arco Submerso                            | 9  |
|   | 2.2.2.4 Soldagem a Plasma                                   | 9  |
|   | 2.2.2.5 Soldagem por Electroescória                         | 10 |
|   | 2.2.2.6 Soldagem Oxi-Gás                                    | 11 |
|   | 2.2.2.7 Soldagem com Feixe de Elétrons                      | 11 |
|   | 2.2.2.8 Soldagem a Laser                                    | 12 |
|   | 2.2.3 Conceitos Fundamentais                                | 13 |
|   | 2.2.4 O Arco Elétrico                                       | 15 |
|   | 2.3 Processo de Soldagem Tipo MIG/MAG                       | 17 |
|   | 2.3.1 Histórico   | 17 |
|   | 2.3.2 Fundamentos do Processo                               | 18 |
|   | 2.3.3 Equipamentos de Soldagem                              | 19 |
|   | 2.3.4 Tipos de transferência de metal de adição             | 20 |
|   | 2.3.5 Tipos e funções dos consumíveis – Gases e Eletrodos   | 20 |
|   | 2.3.6 Comportamento da Atmosfera ativa do processo MIG/MAG. | 21 |
|   | 2.3.7 Características e Aplicações                          | 23 |
|   | 2.3.8 Descontinuidades induzidas pelo processo              | 23 |
|   | 2.3.9 Condições de Proteção Individual                      | 27 |
|   | 2.3.9.1 Radiação  | 28 |
|   | 2.3.9.2 Calor   | 28 |
|   | 2.3.9.3 Ruído   | 28 |
|   | 2.3.9.4 Fumos e Gases                                       | 29 |
|   | 2.3.9.5 Eletricidade  | 29 |
|   | OBJETIVOS   | 30 |
| 3 |   |    |
| 4 | METODOLOGIA APLICADA NA REENGENHARIA DE PROCESSO            | 31 |
|   | 4.1 Escolher o Processo a ser Reformulado                   | 32 |
|   | 4.2 Escolher o Grupo de RPE                                 | 32 |
|   | 4.3 Compreender o Processo da Forma como é Praticado        | 32 |
|   | 4.4 Determinar as Medidas Necessárias                       | 32 |
|   | 4.5 Execução do Plano                                       | 33 |
|   | 4.6 Discussão dos Resultados                                | 33 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 5   | DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO DA EMPRESA ANTES DA REENGENHARIA         | 34  |
| 5.1 | Histórico  | 34  |
| 5.2 | Posicionamento da Empresa em Relação aos Concorrentes          | 36  |
| 5.3 | Descrição do Processo de Fabricação do Extintor                | 38  |
|     | 5.3.1 Levantamento dos Índices de Produção                     | 43  |
|     | 5.3.2 Levantamento dos Parâmetros de Soldagem                  | 45  |
|     | 5.3.3 Escolha dos Processos Indicados para a Reengenharia      | 47  |
|     | ESTUDO DOS PROCESSOS ESCOLHIDOS PARA A REENGENHARIA            | 48  |
| 6   |  |     |
| 6.1 | Processo de Solda Longitudinal                                 | 48  |
| 6.2 | Processo de Solda da Tampa                                     | 53  |
| 6.3 | Ensaio Normativos de Capacidade dos Processos de Fabricação    | 57  |
|     | 6.3.1 Ensaio para Resistência à Pressão                        | 58  |
|     | 6.3.2 Ensaio de Ruptura  | 58  |
|     | 6.3.3 Ensaio de Funcionamento                                  | 58  |
|     | 6.3.4 Ensaio de Resistência à Queda                            | 59  |
|     | 6.3.5 Ensaio de Microvazamento                                 | 59  |
| 7   | MODIFICAÇÕES A SEREM IMPLEMENTADAS                             | 62  |
| 7.1 | Dispositivo de Solda Longitudinal                              | 62  |
|     | 7.1.1 Análise do Problema do Rompimento do Cilindro            | 65  |
|     | 7.1.2 Conclusão do Dispositivo de Solda Longitudinal           | 66  |
| 7.2 | Solda de Tampa   | 68  |
|     | 7.2.1 Conclusão do Dispositivo de Tampa                        | 70  |
| 7.3 | Outras Modificações Necessárias                                | 72  |
|     | 7.3.1 Das Instalações Elétricas                                | 72  |
|     | 7.3.2 Da Segurança e Conforto                                  | 74  |
| 8   | MODIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM                         | 75  |
| 8.1 | Experimentos para Modificação da Solda Longitudinal            | 75  |
| 8.2 | Experimentos para Modificação da Solda da Tampa                | 89  |
| 9   | SITUAÇÃO DA EMPRESA APÓS A REENGENHARIA                        | 101 |
| 9.1 | Comercial  | 101 |
| 9.2 | Dos Processos  | 103 |
| 9.3 | Cordão de Solda  | 109 |
|     | 9.3.1 Avaliação do Cordão de Solda antes da Reengenharia       | 111 |
|     | 9.3.2 Avaliação do Cordão de Solda após a Reengenharia         | 114 |
| 10  | CONCLUSÃO  | 120 |
| 11  | BIBLIOGRAFIA   | 121 |
| 12  | ANEXOS   | 124 |
|     | Anexo I - Ficha Técnica do Equipamento de Solda Aritopower 460 | 125 |
|     | Anexo II - Certificado de Calibração do Manômetro              | 126 |
|     | Anexo III - Certificado de Calibração do Paquímetro            | 128 |
|     | Anexo IV - Certificado de Calibração da Régua Graduada         | 130 |
|     | Anexo V - Certificado de Calibração do Alicata Amperímetro     | 132 |
|     | Anexo VI - Certificado de Calibração da Balança Digital        | 134 |
|     | Anexo VII - Certificado de Calibração do Cronômetro            | 136 |

## 1. INTRODUÇÃO

Um novo ambiente empresarial está surgindo neste final de século, levando as organizações empresariais a um processo de transformação, tanto na maneira de realizar seus negócios como no relacionamento com o mercado. Esta mudança surge em função:

1) crescente globalização da economia mundial, com o aumento do fluxo de capitais transnacionais para investimentos e a formação de blocos regionais de livre comércio, como o Mercosul, a Alca e o Nafta, com o conseqüente acirramento da competitividade entre as empresas;

2) alcance da maturidade de amplos segmentos de mercado, com a afirmação da vontade do cliente e do respeito às suas necessidades e expectativas. Fazendo com que suas exigências e condições de satisfação sejam atendidas prontamente e de forma customizada, retendo o cliente pelo seu encantamento, não apenas com o produto ou serviço, mas principalmente com o nível da qualidade do atendimento;

3) grande avanço das telecomunicações, da capacidade de difusão de informações em tempo real e do uso intenso da tecnologia da informação e da gestão que têm provocado mudanças na natureza do próprio trabalho;

4) foco cada vez maior na cadeia de valor das indústrias, como o grande direcionador das relações cada vez mais interdependentes entre as empresas, gerando uma maior seletividade pela eficiência e capacidade de organizar-se em torno de atividades, utilizando o conceito de processo (Marques, 1993).

Segundo Hammer e Champy (Hammer, 1993) a globalização da economia traz novos e inesperados concorrentes: Japão, Coréia, Taiwan, China entre outros. O acesso à informação faz com que produtos e tecnologias sejam rapidamente copiados e até melhorados. Aos concorrentes tradicionais da indústria, somam-se outros ainda mais “perigosos”, que são aqueles que promovem a substituição de produtos ou de paradigmas: máquinas de escrever *versus* processadores de textos, câmaras fotográficas *versus* filmadoras de vídeo, etc. E a tecnologia abre as portas para novas formas de negociar como, telemarketing, quiosques multimídia, máquinas de auto-atendimento, etc. Estamos saindo de um mercado de massa para um mercado cada vez mais personalizado. O número de opções cresce em progressão geométrica. O chamado “marketing de nichos” é uma tendência irreversível. O trinômio *qualidade x preço x adequação* passa a ser mandatário, pois os consumidores estão cada vez mais informados e exigentes, e o mercado passa a ser o grande árbitro do sucesso ou insucesso de uma empresa.

Esta globalização dos mercados produtores e consumidores, com o conseqüente aumento da competitividade, tem exigido cada vez mais da alta administração das empresas, a formulação de uma estratégia competitiva adequada às forças de mercado e as capacitações da organização, buscando cada vez mais a inovação e a diferenciação como fatores de competitividade. Esta formulação da estratégia competitiva, desdobra-se em estratégias de marketing e operações e devem definir claramente: a visão executiva de futuro; cenário futuro imaginado de onde a empresa quer chegar e os objetivos estratégicos, tais como, aumento da participação global no mercado, ou da participação em nichos ou segmentos específicos de mercado, redução do ciclo de lançamento de novos produtos, aumento da receita operacional e o aumento da satisfação dos clientes.

Para atingir seus objetivos estratégicos, a empresa deve identificar os fatores críticos de sucesso, os níveis de desempenho atual de suas operações, as diferenças entre este desempenho atual e o desempenho requerido, em termos de custo de produtos e de processos, qualidade de produtos, tempo de processos, qualidade de serviços e atendimento aos clientes.

Foi dentro deste contexto que este trabalho foi desenvolvido, tendo como objetivo levantar a situação momentânea de um dos processos desenvolvidos por uma empresa da região metropolitana do Recife, aplicar a este processo os conceitos de reengenharia e avaliar as conseqüências causadas pelas modificações adotadas.

A metodologia utilizada na implantação de reengenharia será descrita no capítulo 3, logo após a descrição do objetivo do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos básicos encontrados na literatura pesquisada e que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

### 2.1 Reengenharia de Processos.

A “ Reengenharia de Processos Empresariais (RPE)” fundamenta numa série de técnicas de gestão anteriormente voltadas à melhoria da produtividade e qualidade. Dentre essas técnicas podem ser citadas a Administração Científica ou Taylorismo (início do século XX); a Engenharia da Informação (décadas de 1970 a 1980); o Kaizen, a Teoria Z e a Terceirização ao Modelo Japonês através Kieretsu (décadas 1970 e 1980); o Franchising, as Core Competencies (entre as décadas de 1980 e 1990). Essas técnicas, por sua vez, não são tão contemporâneas quanto parecem. O Franchising, por exemplo, já era praticado pela empresa Coca-Cola, no início do século XX, como forma de expansão no mercado norte-americano. Entretanto, só mais recentemente essas técnicas passaram a ser consideradas auxiliares poderosos no aumento da competitividade (Kock, 1995).

O Taylorismo privilegiava as linhas de produção com uma grande especialização do trabalho. A verificação de que um processo de produção artesanal poderia ser quebrado em vários sub-processos mais simples, executados por trabalhadores especializados, foi uma das principais contribuições refinadas e perpetuadas pelo Taylorismo (Smith,1910). De fato esse sistema foi adotado com relativo sucesso até aproximadamente uma década após a Segunda Guerra Mundial, quando havia escassez de produtos e uma demanda reprimida muito grande. Nos EUA, as pessoas queriam gastar suas economias, feitas durante a guerra. Tudo que era produzido era consumido. Isso começou a mudar, principalmente a partir da metade da década de 1970, quando a qualidade dos produtos passou a ser considerada uma estratégia gerencial, cuja raízes remontavam a 1950 e que 20 anos mais tarde começava a dar seus primeiros frutos. Essa estratégia era genericamente chamada no Japão de Kaizen.

A Reengenharia de Processos engloba uma série de técnicas e critérios que já são de domínio comum. Alguns deles são praticados por algumas organizações há décadas. A diferença é que essas técnicas e critérios, que podem ser aplicados para obter ganhos radicais através de modificações radicais, vêm ser enfatizados num momento em que tudo indica que podem ser a salvação de algumas organizações e mesmo de alguns países. A Reengenharia de Processos é considerada por alguns autores como a reação dos EUA ao sucesso japonês ( Kock, 1995).

O Kaizen, um dos responsáveis pela Revolução Econômica Japonesa, é também um dos responsáveis pelo surgimento da Reengenharia de Processos. A Reengenharia de Processos é uma resposta americana ao modelo gerencial proposto pelo Kaizen, melhor adaptado à cultura americana.

A Reengenharia de Processos não é, como argumentam alguns, a expansão de uma das partes do Kaizen, ou da Gestão da Qualidade Total. Nem tampouco engloba todos os princípios do Kaizen, substituindo-o completamente. Isso pode ser evidenciado através da tabela 2.1, onde são mostradas as diferenças filosóficas entre Reengenharia e Kaizen. Essa tabela foi adaptada de Davenport (Davenport, 1994).

Tabela 2.1- Comparação entre Reengenharia e Kaizen (Davenport, 1994).

|                               | <b>Reengenharia</b>      | <b>Kaizen</b>            |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Nível de mudança</b>       | Radical                  | Gradual                  |
| <b>Frequência de mudança</b>  | De uma vez               | Contínua                 |
| <b>Tempo necessário</b>       | Longo                    | Curto                    |
| <b>Participação</b>           | De cima para baixo       | De baixo para cima       |
| <b>Risco de não dar certo</b> | Alto                     | Moderado                 |
| <b>Habilitador principal</b>  | Tecnologia da informação | Controle estatístico     |
| <b>Mudança cultural</b>       | Criatividade             | Metodologia, disciplina. |

O *nível de mudança* na Reengenharia, que é a amplitude da mudança, é radical, enquanto que no Kaizen é gradual.

A *frequência da mudança* na Reengenharia é de uma só vez, ou seja, é feita de uma só vez e, a partir disso, gasta-se algum tempo tentando-se implantar plenamente a mudança proposta. No Kaizen, pelo contrário, a frequência de mudança é contínua, ou seja, propõem-se continuamente mudanças pequenas e de fácil implementação.

O *tempo necessário* para se implementar as mudanças propostas através da Reengenharia é longo, enquanto que no Kaizen esse tempo é curto. Isso ocorre, principalmente, porque as mudanças propostas pelo Kaizen são de menor amplitude e portanto mais fáceis de serem colocadas em prática de forma eficiente. As mudanças propostas pela Reengenharia são mais radicais e exigem relocação de pessoal, treinamento, quebra de resistências e ultrapassagem de obstáculos tecnológicos, o que toma muito mais tempo.

A *participação na Reengenharia* é de cima para baixo, enquanto que no Kaizen é de baixo para cima. Isso quer dizer que a maioria das propostas de modificação, na Reengenharia, vêm de equipes de reengenharia formadas por gerentes, analistas, consultores e, muitas vezes, pela alta administração da organização, apesar de ser recomendável que sejam envolvidos no planejamento os executores do processo, sendo a atribuição principal dos gerentes motiva-los a apresentar sugestões e coloca-las em prática. A implantação do Kaizen, ou de um sistema de gestão da qualidade qualquer, é muito mais confortável para os gerentes do que a adoção da Reengenharia.

O *âmbito da Reengenharia* é amplo, o que significa que os processos replanejados envolvem normalmente várias áreas da organização. No Kaizen o âmbito é limitado à área, ou seja, envolve apenas os processos de um determinado setor. A melhoria do processo produtivo de montagem de pára-choques para um modelo específico de carro é um exemplo de Kaizen, enquanto que a melhoria do processo de montagem como um todo, através da robotização de alguns setores e adoção integrada de um novo modelo de controle de estoque e produção, é um exemplo de Reengenharia.

O *risco de não dar certo* é alto na Reengenharia e moderado no Kaizen. Isso se dá principalmente porque no Kaizen procura-se fazer o melhor o que já se faz, enquanto que na Reengenharia procura-se modificar o que faz, buscando-se principalmente ganhos drásticos em sua eficácia, ou seja, uns ganhos radicais de melhoria nos resultados, sejam eles medidos em qualidade ou produtividade. Verifica-se, através da experiência, que se encontram muito mais resistências e obstáculos à mudança radical do que à mudança gradual. Tais resistências (financeiras, tecnológicas, mercadológicas e principalmente humanas) podem fazer com que a Reengenharia não dê certo.

O *habilitador principal* da Reengenharia é a criatividade, ou seja, procura-se através da Reengenharia, fazer com que as pessoas analisem a fundo os processos nos quais estão

envolvidas e proponham modificações criativas. Enquanto que no Kaizen o habilitador principal é o controle estatístico. A maior mudança para que o Kaizen dê certo é a mudança cultural. Pressupõe-se a adoção de uma metodologia de trabalho, para proposta de soluções e melhorias graduais, e de uma disciplina rígida, aos moldes das organizações japonesas.

Embora possa haver dúvidas sobre a origem do termo, a palavra “Reengenharia” foi usada pela primeira vez no mundo dos negócios em 1990, em um artigo publicado na revista Harvard Business Review: “Reengineering Work: Don’t Automate, Obliterate”. O autor do artigo foi Michael Hammer (1990), um ex-professor de Ciência da Computação do Massachusetts Institute of Technology. Hammer desenvolveu a idéia no seu livro Reengineering the Corporation, escrito em co-autoria com James Champy (Hammer; Champy 1994). Os dois apresentaram a seguinte definição:

“Reengenharia de processos é uma denominação genérica dada a metodologia que, através de modificações radicais, buscam obter ganhos radicais de qualidade e produtividade em organizações.”

O conceito, as metodologias, técnicas e ferramentas da Gestão da Qualidade Total já estão amplamente difundidos entre as empresas brasileiras, incluindo o Total Quality Control (TQC) da linha japonesa da JUSE, Sociedade Japonesa de Engenheiros e Cientistas, as Normas ISO 9000, são a referência para certificação adotada pelos países da Europa. Estes conceitos e metodologias têm alcançado muito sucesso junto às empresas brasileiras, principalmente porque atendem a um conjunto de necessidades primárias típicas do estágio da maioria das empresas, propondo um método que ajuda a definir, entender, organizar e priorizar ações relativamente simples que, se repetidas em um ciclo contínuo por todas as pessoas de todos os níveis da organização, irá trazer ganhos incrementais em termos de qualidade de produtos, qualidade de processos, qualidade de serviços, redução gradual de custos, criação de um ambiente propício à educação e do treinamento, entre outros benefícios e vantagens para a empresa. Ocorre, no entanto a globalização dos mercados e o aumento da competição entre as empresas nos diversos setores da indústria, com melhoria contínua atingida em ciclos curtos e repetitivos adotados pela Qualidade Total não é suficiente para que as empresas tornem-se competitivas neste novo mercado global. Para alcançar saltos incrementais em indicadores críticos e contemporâneos de desempenho, tais como custos, qualidade, atendimento e velocidade, faz-se necessário o uso do conceito de reengenharia (Campos, 1992).

Uma organização empresarial pode adotar diferentes posturas diante da irreversibilidade das mudanças em curso no ambiente de negócios, podendo ser simplesmente *reativa*, ou optar por uma transformação *proativa*, liderada pelo seu executivo principal. Neste último caso, a reengenharia de processos pode ser a abordagem mais apropriada, pois baseia-se em métodos científicos que permitem a construção de soluções implementáveis para os problemas operacionais complexos e a captura de oportunidades apresentadas pelos processos de negócios.

Vários benefícios podem ser alcançados por uma empresa que adota correta e seletivamente esta revolucionária abordagem de administração para desenvolver e sustentar vantagens competitivas. Entre estes, podemos citar a revitalização e expansão dos negócios, com aumento de competitividade através de reduções drásticas em tempos de ciclos e custos.

Em uma empresa industrial, a reengenharia de processos pode promover grandes saltos incrementais de melhoria nos seus processos de negócios, com o uso da metodologia de redesenho dos processos, através da avaliação das alternativas tecnológicas.

Segundo Campos (1992), processo é um conjunto de causas, e uma empresa é um processo que pode ser subdividido em vários sub-processos: não só processos de manufatura, como também processos de serviços. Vários autores enfatizam na Gestão da Qualidade Total a importância do controle dos processos para se alcançar melhoria da qualidade dos produtos. Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa, Crosby, Imai, Teboul, Kano, Taguchi, Garvin têm

abordagens distintas da Gestão da Qualidade Total como uma filosofia de gestão (Ishikawa, Kano), sistema (Feigenbaum) ou um processo de melhoria contínua de desempenho (Imai). No entanto, todos concordam que esta abordagem de administração deve focar-se nos desejos, necessidades e condições de satisfação dos clientes, traduzidos em termos de *requerimentos* que serão atendidos pelos processos de negócios, os quais devem conter apenas as atividades que agreguem valor para os clientes.

A melhoria da qualidade de produtos e serviços é obtida através da melhoria do processo. O foco no processo permite:

- Ter uma visão mais ampla e horizontal do negócio.
- Atender às necessidades e exigências dos clientes.
- Utilizar um método disciplinado de análise e melhoria
- Ter maior visibilidade da cadeia fornecedor cliente, facilitando o engajamento e o comprometimento de todos e
- Testar e avaliar mudanças através de desenvolvimento de protótipos.

A reengenharia é o questionamento dos paradigmas enraizados nestes dois séculos da era industrial, ou seja, é o reconhecimento da importância de quebrar as regras implícitas e explícitas e as premissas tradicionais que não são mais válidas no ambiente de negócios deste final do século. Mas a reengenharia não fica só nesse questionamento. A reengenharia é o repensar fundamental dos atuais processos de negócios, com o objetivo de alcançar ganhos *radicais* em desempenho, através do redesenho e da reestruturação desses processos, levando em consideração a competitividade, a satisfação dos clientes e as tecnologias da informação, da comunicação e da automação disponíveis e que podem ser instrumentos capacitadores da reengenharia de processos (Coulson; Thomas, 1996).

Em *Reengenharia: Revolucionando a Empresa* (Hammer, 1994), Hammer e Champy afirmam que as empresas atuais ainda se organizam em função das idéias concebidas nos séculos XVIII e XIX, durante a chamada Revolução Industrial. Naquela época, havia a passagem de uma economia acanhada para outra que atendesse a um número cada vez maior de ávidos consumidores, criando a produção em massa, representada pela célebre linha de montagem dos modelos T da Ford - que produzia somente carros pretos. Antes da Revolução Industrial, existia o sistema de produção artesanal onde prevalecia uma quase perfeita integração entre todas as atividades do ciclo de manufatura.

Na Revolução Industrial, à medida que crescia o nível de complexidade dos sistemas produtivos, as organizações caminhavam em direção à fragmentação de suas atividades em pequenas tarefas. Cada operário era responsável apenas pela execução de um pequeno número delas - às vezes uma só, e dessa forma, ficava fácil treinar, substituir e aumentar ou diminuir a capacidade produtiva via contratação e demissão.

Esses operários especializados eram organizados em grupos dentro de uma mesma área ou setor, o que acabou por influenciar a própria estrutura organizacional e a forma de organizar o trabalho nas linhas de produção, e a maneira de controlar e avaliar o desempenho baseada na disciplina e produtividade. O objetivo dos empresários era maximizar a produtividade das fábricas, uma vez que os altos investimentos necessários para a produção de grandes quantidades exigiam rápido retorno. A criação de normas e padrões rígidos facilitava a produção em escala. À medida que crescia o número de trabalhadores ou de novas tarefas, também crescia a necessidade de supervisores e gerentes e das atividades meio, que também eram divididas por trabalhadores especializados em diversas tarefas, e conseqüentemente necessitava de mais gerentes, em um círculo vicioso. Essa visão geral mostra que mesmo as maiores empresas de nosso tempo, ainda são estruturadas e geridas segundo padrões criados há quase dois séculos.

Os princípios fundamentais da reengenharia são:

- Organizar o trabalho em função de resultados, não de tarefas;
- Fazer com que aqueles que utilizam o resultado do processo executem o processo;
- Incluir o processamento da informação no ciclo de trabalho real que produz a

informação;

- Tratar recursos geograficamente dispersos como se fossem centralizados;
- Ligar as atividades paralelas, em vez de integrar os seus resultados;
- Colocar os pontos de decisão onde o trabalho é executado e inclua os controles dentro do processo e
- Capturar informações uma única vez, na fonte.

## 2.2 Processos de Soldagem

### 2.2.1 Histórico

A partir de 1800, a soldagem começou a evoluir, principalmente com desdobramento das experiências de Sir Humphrey Davy com o arco elétrico, com a descoberta do acetileno por Edmund Davy e com o desenvolvimento de fontes de energia que possibilitaram o aparecimento dos processos de fusão a arco. A primeira patente de um processo de soldagem foi obtido na Inglaterra, em 1885, por Nikolas Bernados e Stanislav Olszewsky e era baseada em um arco elétrico estabelecido entre eletrodos de carvão e a peça a ser soldada. Por volta de 1890, N.G Slavianoff, na Rússia, e Charles Coffin, nos Estados Unidos, desenvolveram independentemente a soldagem com eletrodo metálico nu. Até o final do século XIX, os processos de soldagem por resistência, por aluminotermia e a gás haviam sido desenvolvidos. Em 1907 um sueco chamado Oscar Kjellberg patenteia os processos de soldagem através de eletrodos revestidos. A idéia de Kjellberg foi um sucesso que revolucionou o processo de união entre materiais que antes só era executado através de pinos ou arrebites. No Brasil, o processo chegou na década de 40, quando a empresa Carlo Pareto S/A passou a importá-los da Suécia. A 1ª empresa a se instalar foi a ESAB, que só se instalou no país em 24 de Setembro de 1955, na cidade de Contagem em Minas Gerais (Marques, 1985). A evolução tecnológica obrigou, cada vez mais, que as técnicas de soldagem fossem refinadas e melhoradas e que novas técnicas surgissem até os dias de hoje. Os fatores determinantes para estes avanços podem ser relacionados a três aspectos fundamentais:

- **A tendência à proliferação de metais e ligas** - No início do século a solda era usada no ferro, no aço e no cobre. Atualmente o processo é aplicado aos aços inoxidáveis, ligas leves, aços ligados especiais, e mais recentemente, ao titânio, zircônio e molibdênio. Há sempre a perspectiva do uso de novos materiais, portanto pesquisa de novas técnicas em materiais ou nos processos de soldagem;
- **A tendência à automação** - Forçado pela busca de redução de custos, tempos de execução e produtividade, a pesquisa em automação de processos é constante, envolvendo inclusive profissionais de outras áreas da engenharia e
- **A tendência à proliferação de normas específicas e métodos de controle** - Como o campo da soldagem amplia-se constantemente, as especificações se tornam mais restritas e as tolerâncias mais estreitas. O controle de qualidade atual exige o uso crescente de recursos informatizados.

### 2.2.2 O que é soldagem.

Antigamente definia-se soldagem como “junção dos metais por fusão”. O desenvolvimento de novos processos e materiais, não são essenciais nem a fusão, nem os metais soldáveis para a execução de uma soldagem. Modernamente conceitua-se soldagem como: “A operação que visa a união de duas ou mais peças, assegurando na junta, a

continuidade das propriedades físicas e químicas”. O termo continuidade, para esta conceituação, significa que as propriedades nas juntas devem ser constantes ou variáveis continuamente, isto é, sem saltos. Atualmente trabalha-se com a soldagem de diversos materiais, incluindo, além dos tradicionais, os plásticos e os vidros.

A soldagem como técnica e a engenharia de soldagem como aplicação técnica envolvem vários campos de conhecimento, a saber: a metalurgia, a mecânica, a eletrotécnica, a química, a física, a resistência dos materiais, além dos processos da produção industrial. Entretanto o conhecimento de alguns parâmetros elétricos, metalúrgicos e químicos facilitará a nossa compreensão quando for necessário realizar uma escolha entre um ou outro processo de soldagem. Os processos mais utilizados são (Marques, 2006):

- Soldagem com Eletrodos Revestidos;
- Soldagem a Arco Gás Tungstênio;
- Soldagem ao Arco Submerso;
- Soldagem a Plasma;
- Soldagem por Eletroescória;
- Soldagem Oxi-Gás;
- Soldagem com Feixe de Elétrons;
- Soldagem a Laser e
- Soldagem a Arco Gás-Metal

Observação: Como o Processo a Arco Gás-Metal (MIG/MAG) é o processo utilizado na realização das soldas da empresa estudada, este será tratado separadamente com mais detalhes no item 2.3.

### **2.2.2.1 Soldagem com Eletrodos Revestidos**

A Soldagem a Arco com Eletrodos Revestidos (**Shielded Metal Arc Welding - SMAW**) é um processo no qual a coalescência (união) dos metais é obtida pelo aquecimento destes com um arco estabelecido entre um eletrodo especial revestido e a peça. O eletrodo é formado por um núcleo metálico ("alma"), com 250 a 500mm de comprimento, revestido por uma camada de minerais (argila, fluoretos, carbonatos, etc) e/ou outros materiais (celulose, ferro ligas, etc), com um diâmetro total típico entre 2 e 8mm. A alma do eletrodo conduz a corrente elétrica e serve como metal de adição. O revestimento gera escória e gases que protegem da atmosfera a região sendo soldada e estabilizam o arco. O revestimento pode ainda conter elementos que são incorporados à solda, influenciando sua composição química e características metalúrgicas. O seu equipamento usual consiste de fonte de energia (ou máquina de soldagem), porta-eletrodo e cabos, além de equipamentos de segurança para o soldador (máscara, luvas, avental, etc.) e para a limpeza do cordão e remoção de escória (picadeira e escova de aço). Para soldagem, a parte não revestida do eletrodo é fixada no porta eletrodo e o arco é iniciado tocando-se rapidamente a ponta do eletrodo na peça (que estão conectados, por cabos, aos terminais da máquina de soldagem). O calor do arco funde a ponta do eletrodo e um pequeno volume do metal de base formando a poça de fusão. A soldagem é realizada manualmente, com o soldador controlando o comprimento do arco e a poça de fusão (pela manipulação do eletrodo) e deslocando o eletrodo ao longo da junta. Quando o eletrodo é quase todo consumido, o processo é interrompido para troca do eletrodo e remoção de escória da região onde a soldagem será continuada. A figura 2.1 ilustra o processo.

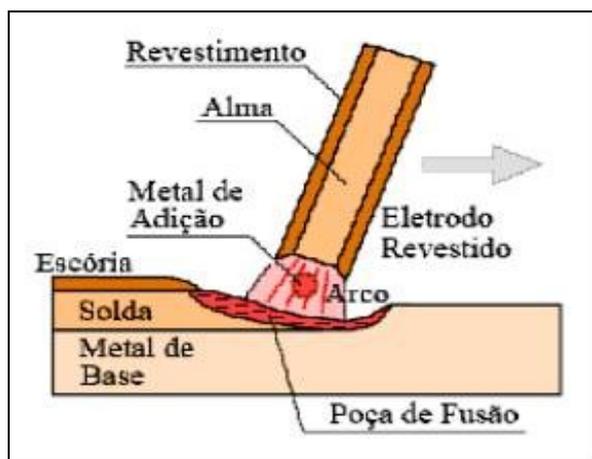


Figura 2.1- Soldagem GMAW (esquemática) (Marques, 2006).

#### 2.2.2.2 Soldagem a Arco Gás Tungstênio.

A Soldagem a Arco Gás-Tungstênio (**Gas Tungsten Arc Welding - GTAW**) ou, como é mais conhecida no Brasil, **TIG** (**Tungsten Inert Gas**) é um processo no qual a união é obtida pelo aquecimento dos materiais por um arco estabelecido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça. A proteção do eletrodo e da zona da solda é feita por um gás inerte, normalmente o argônio, ou mistura de gases inertes. Metal de adição pode ser utilizado ou não. A soldagem GTAW pode ser usada na forma manual ou mecanizada e é considerada como um dos processos de soldagem a arco que permite um melhor controle das condições operacionais. Permite a execução de soldas de alta qualidade e excelente acabamento, particularmente em juntas de pequena espessura (inferior a 10mm e mais comumente entre 0,2 e 3mm). Seções de maior espessura podem ser soldadas, mas, neste caso, considerações econômicas tendem a favorecer processos com eletrodo consumível. A soldagem GTAW é mais utilizada para aços ligados, aços inoxidáveis e ligas não ferrosas. Um uso comum, para aços estruturais, é a execução de passes de raiz na soldagem de tubulações. O seu equipamento básico consiste de uma fonte de energia, tocha com eletrodo de tungstênio, fonte de gás de proteção e um sistema para a abertura do arco. O equipamento para GTAW é mais caro e complicado do que o usado na soldagem com eletrodos revestidos (SMAW). A figura 2.2 ilustra o processo.

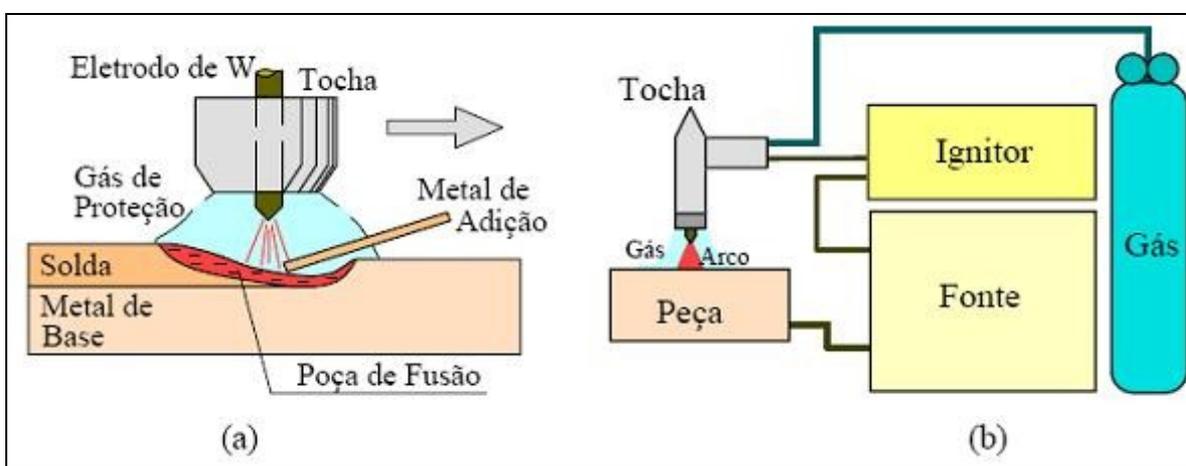


Figura 2.2 -Soldagem GTAW: (a) A região do Arco, (b) montagem usual (Marques, 2006).

### 2.2.2.3 Soldagem ao Arco Submerso

A Soldagem ao Arco Submerso (Submerged Arc Welding, SAW) é um processo no qual a coalescência dos metais é produzida pelo aquecimento destes com um arco estabelecido entre um eletrodo metálico contínuo e a peça. O arco é protegido por uma camada de material fusível granulado (fluxo) que é colocado sobre a peça enquanto o eletrodo, na forma de arame, é alimentado continuamente. O fluxo na região próxima ao arco é fundido, protegendo o arco e a poça de fusão e formando, posteriormente, uma camada sólida de escória sobre o cordão. Este material pode também ajudar a estabilizar o arco e desempenhar uma função purificadora sobre o metal fundido. Como o arco ocorre sob a camada de fluxo, ele não é visível, daí o nome do processo. Este processo é muito usado na soldagem de estruturas de aço, na fabricação de tubulações e na deposição de camadas de revestimento tanto na fabricação como na recuperação de peças desgastadas. Devido à camada de fluxo e às elevadas correntes de soldagem, este processo tem de ser utilizado na posição plana ou horizontal (para soldas de filete), o que torna importante o seu uso conjunto com dispositivos para o deslocamento e posicionamento das peças. O equipamento necessário consiste normalmente de fonte de energia do tipo tensão constante, alimentador de arame e sistema de controle, tocha de soldagem, porta fluxo e sistema de deslocamento da tocha. A figura 2.3 ilustra o processo.

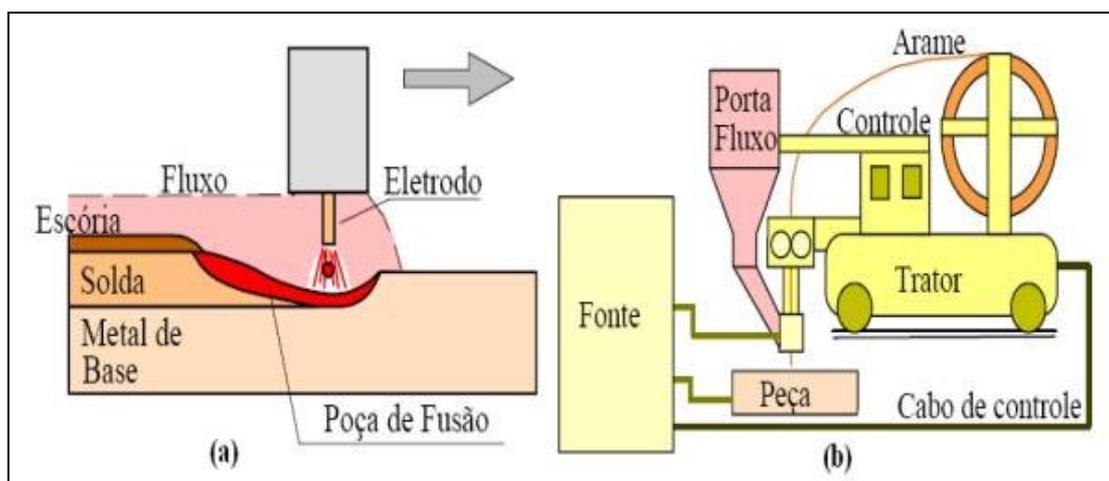


Figura 2.3 - Soldagem SAW:(a) Região do Arco e (b) montagem usual (Marques, 2006).

### 2.2.2.4 Soldagem a Plasma

A soldagem a plasma (PAW - Plasma Arc Welding) é um processo que utiliza o arco operando em condições especiais que atua como uma fonte extremamente estável de calor que permite a soldagem da maioria dos metais com espessuras de 0,02 a 6mm. Esta fonte especial de calor garante maior concentração de energia, maior estabilidade e maior capacidade de penetração do que os processos GTAW, SMAW e GMAW. Esse processo é baseado no processo GTAW, apresentando, como diferença fundamental, a utilização de um bocal extra (bocal constritor) que causa a concentração (construção) do arco elétrico. Um pequeno fluxo de argônio passa através bocal constritor para formar a chama de plasma, a proteção do plasma e da poça de fusão é feita por um gás (normalmente argônio ou hélio) fornecido pelo bocal externo. O arco de soldagem é iniciado com o auxílio de um arco piloto de baixa corrente mantido entre o eletrodo e o bocal. Quando a peça é parte do circuito elétrico de soldagem, o processo é denominado de plasma “transferido”; quando a peça não faz parte do circuito elétrico (o arco é mantido entre o eletrodo e o bocal) tem-se plasma “não

**transferido**”. Este último permite pode ser aplicado em materiais não condutores de eletricidade. A soldagem a plasma é aplicável à maioria dos metais e a muitos materiais não metálicos. Entretanto, seu custo relativamente elevado e a maior complexidade do processo limitam o seu uso principalmente para aplicações críticas em indústrias de alta tecnologia (indústria aeronáutica e aeroespacial, por exemplo) para as quais a utilização do processo é justificável. A figura 2.4 ilustra o princípio de operação do processo PAW.

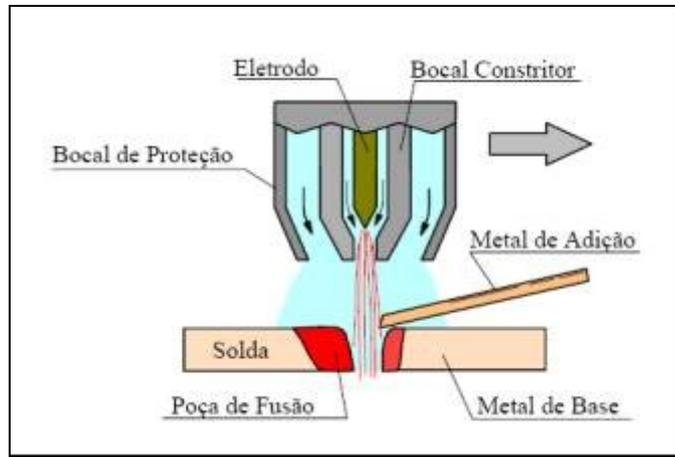


Figura 2.4 – Soldagem PAW (Marques, 2006)

#### 2.2.2.5 Soldagem por Electroescória

A soldagem por electroescória (Eletroslag Welding, ESW) é um processo de soldagem por fusão que utiliza a passagem de uma corrente elétrica através de uma escória condutora fundida para gerar o calor necessário à fusão localizada da junta e do metal de adição. Esta escória também protege a poça de fusão e o metal de adição da contaminação pelo ambiente. O processo é usado primariamente para a união de duas ou mais peças (em geral, de grande espessura) em um único passe com a soldagem sendo feita na posição vertical ascendente. O metal e a escória fundidos são mantidos em posição com o auxílio de sapatas, em geral de cobre e refrigeradas a água. A soldagem ESW é usada na fabricação de peças pesadas, principalmente de aço estrutural. O processo é usado tipicamente em juntas de 13 a 500mm de espessura. Entretanto, como a velocidade de soldagem deste processo tende a ser muito baixa (cerca de 0,5mm/s). A figura 2.5 ilustra o processo de soldagem ESW.

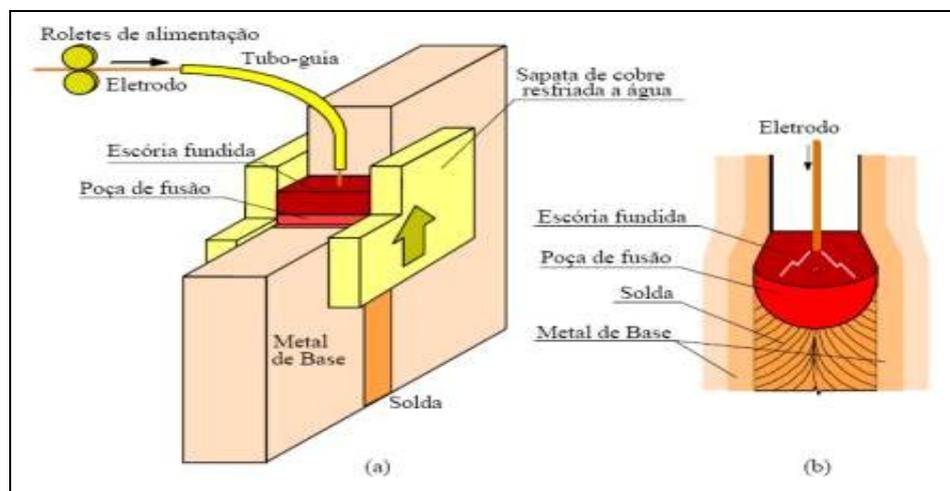


Figura 2.5 - Soldagem ESW: (a) Esquema geral do processo e (b) Detalhe da região da poça de fusão (Marques, 2006)

### 2.2.2.6 Soldagem Oxi-Gás

A soldagem oxi-gás (**Oxifuel Welding, OFW**) compreende um grupo de processos de soldagem que utilizam o calor produzido por uma chama de combustível gasoso e oxigênio para fundir o metal de base e, se usado, o metal de adição. O processo é usado principalmente na forma manual, mas existem aplicações mecanizadas, particularmente quando o processo é utilizado com a aplicação de pressão, sendo, neste caso, denominado de soldagem a gás por pressão (**Pressure Gás Welding, PGW**). Diferentes gases combustíveis podem utilizados, mas o mais comum para a soldagem dos aços e de outras ligas metálicas é o acetileno. Durante a operação, a chama resultante da mistura gás-oxigênio na ponta do maçarico é usada para a fusão localizada do metal de base e a formação da poça de fusão. O soldador movimentando a tocha ao longo da junta para conseguir a sua fusão uniforme e progressiva, adicionando, se for o caso, metal de adição. Este processo é mais usado na soldagem de chapas finas (em geral, com uma espessura inferior a 6mm) e de tubos de pequeno diâmetro e na soldagem de reparo, podendo ser usado para aços, em particular aços carbono, e para ligas não ferrosas. O equipamento básico para soldagem manual consiste de fontes de oxigênio e gás combustível, reguladores de vazão, mangueiras e do maçarico. O equipamento para soldagem OFW é muito versátil, podendo ser utilizado, através de mudanças de regulagem ou troca de bicos do maçarico, para corte a oxigênio, tratamento térmico de pequenas peças e para brasagem. A figura 2.6 ilustra o processo

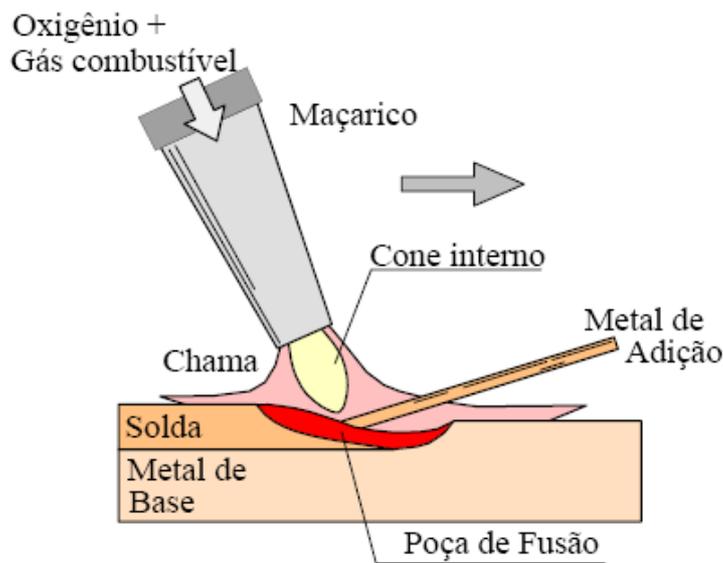


Figura 2.6 – Soldagem OFW (Marques, 2006)

### 2.2.2.7 Soldagem com Feixe de Elétrons

A soldagem com feixe de elétrons (**Electron Beam Welding, EBW**) é um processo de união baseado na fusão localizada da junta através de seu bombardeamento por um feixe de elétrons de alta velocidade. O feixe de elétrons é emitido por um canhão eletrônico e focalizado, através de lentes eletromagnéticas, em uma região muito pequena da junta (diâmetro da ordem de 10-1 mm) o que permite uma elevada concentração de energia. Durante o bombardeamento, parte da energia cinética dos elétrons é convertida em calor, fundindo e vaporizando parte do material da junta e criando um furo (keyhole) através do material. Quando este furo é movido ao longo da junta, o material líquido flui em torno do mesmo e se

solidifica na parte posterior da poça formando a solda. Esta forma de operação permite obter cordões de solda com uma elevada razão penetração/largura (de até 30:1) e com velocidades de até 200 mm/s. A baixa energia de soldagem resultante, minimiza os problemas de distorção e contração da junta e permite trabalhar com peças já usinadas. Permite também soldar mais facilmente metais dissimilares de condutividade térmica diferente desde que estes tenham compatibilidade metalúrgica. O feixe de elétrons pode atravessar uma junta de menor espessura, soldando-a e, ainda, atingir uma outra junta abaixo da primeira, permitindo, assim, a soldagem de juntas não acessíveis por outros processos. Com um feixe menos focalizado pode-se obter menor concentração de energia e operar o processo de forma similar à soldagem a arco. A soldagem EBW é geralmente feita em alto vácuo (0,13 a 133 mPa), embora existam variações do processo, que trabalham com menores penetrações, que podem operar com um vácuo médio (0,13 a 3000 Pa) ou à pressão ambiente. Um equipamento típico para a soldagem EBW inclui a câmara de vácuo, uma fonte de energia e canhão eletrônico. O equipamento de soldagem EBW é relativamente caro (pode custar mais de US\$ 1.000.000) e complexo. O processo é extremamente rápido e pode soldar, em um único passe, peças de grande espessura (aço, até 100 mm e alumínio, até 150 mm).

### 2.2.2.8 Soldagem a Laser

A soldagem a laser (**Laser Beam Welding, LBW**) é um processo de união baseado na fusão localizada da junta através de seu bombardeamento por um feixe de luz concentrada coerente e monocromática de alta intensidade. De forma similar à soldagem EBW, este feixe de alta intensidade é suficiente para fundir e vaporizar parte do material da junta no ponto de entrada do feixe no material, causando um furo (keyhole) que penetra profundamente no metal de base. De forma similar à soldagem EBW, a soldagem a laser é um processo de alta velocidade, ideal para aplicações automatizadas, mas exigindo um perfeito ajuste das peças. O custo do equipamento de soldagem tende a ser elevado, em torno de US\$ 500.000, fazendo com que o processo seja tipicamente usado apenas em aplicações com um grande volume de soldas ou em aplicações críticas que necessitem de características especiais do cordão ou uma grande reprodutibilidade. O processo é mais utilizado na soldagem de peças de menor espessura com uma elevada velocidade de deslocamento. A soldagem LBW tem substituído, em alguns casos, a soldagem de resistência por pontos na fabricação da carroceria de veículos. Embora o equipamento seja muito sofisticado, ele é projetado para ser usado por operadores, não necessitando de soldadores altamente treinados. Vários equipamentos LBW podem, com pequenas modificações, ser usados para operações de corte ou de tratamento térmico superficial. A figura 2.7 ilustra de forma esquemática de um sistema para a soldagem LBW.

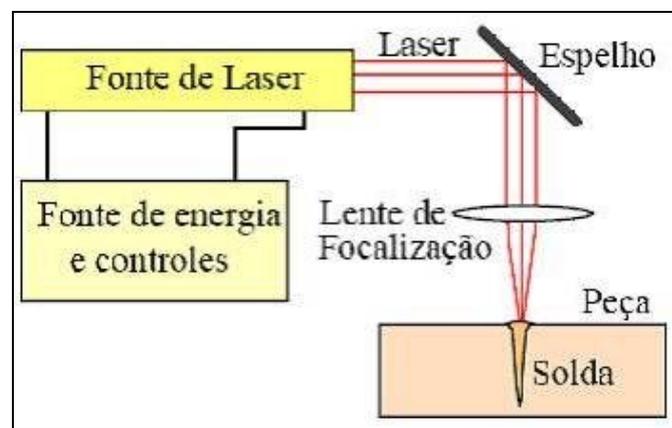


Figura 2.7 - Elementos de um sistema típico para soldagem a laser (Marques, 2006).

### 2.2.3 Conceitos Fundamentais da Soldagem

Em soldagem, é difícil a desvinculação dos termos técnicos. Os termos relacionados a seguir são apenas alguns dos mais usuais e foram retiradas das seguintes literaturas (Cleber, 2004; FBTS, 2001; Santin, 2006). Os termos técnicos em língua inglesa e suas definições são encontrados numa abordagem mais completa na norma AWS A3.0 (1976).

**Atmosfera Protetora:** envoltório de gás que circula a parte a ser soldada ou abrasada, sendo o gás de proteção controlado com relação à sua composição química, ponto de orvalho, pressão, vazão entre outros.

**Chanfro:** abertura ou sulco na superfície de uma peça ou entre dois componentes, que determina o espaço para conter a solda.

**Cobre-junta:** material colocado na raiz da junta soldada, com a finalidade de suportar o metal fundido durante a execução da soldagem.

**Consumível:** material empregado na deposição ou proteção da solda, tais como: eletrodo, vareta, arame, anel consumível, gás e fluxo.

**Cordão de solda:** depósito de solda resultante de um passe.

**Descontinuidade:** é a interrupção das estruturas típicas de uma peça, no que se refere à homogeneidade de características físicas, mecânicas ou metalúrgicas.

**Defeito:** é quando a descontinuidade, por sua natureza, dimensões ou efeitos acumulados, tornam a peça inaceitável, por não satisfazer os requisitos mínimos das normas aplicáveis ou da qualidade requerida pelo fabricante.

**Escória:** resíduo, não metálico, proveniente da dissolução do fluxo ou revestimento e impurezas não metálicas, na soldagem e brazagem.

**Face da solda:** superfície exposta da solda, pelo lado por onde a solda foi executada. (figura 2.8).

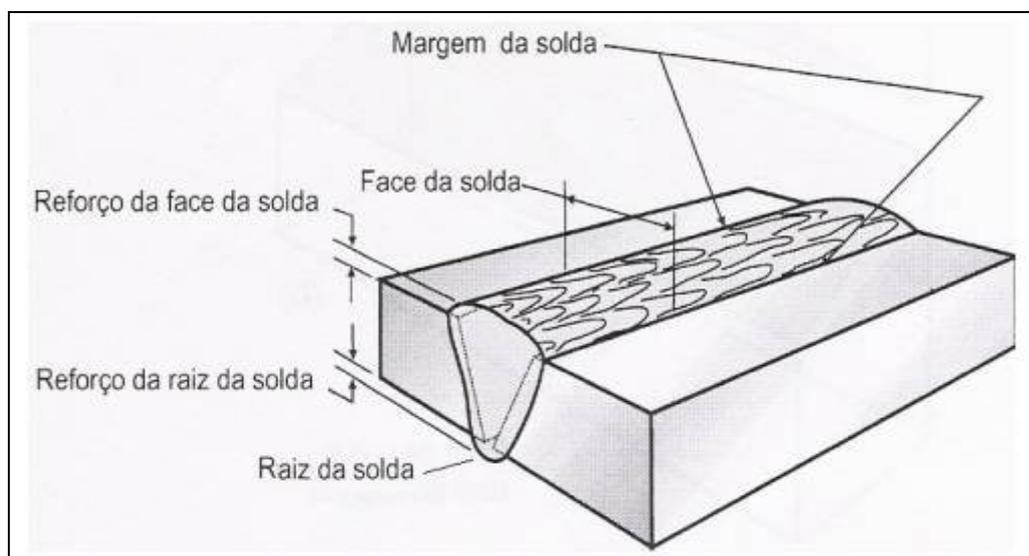


Figura 2.8 - Desenho representativo de uma junta de topo soldada (Cleber, 2004)

**Material de base:** é o material que constitui as partes a unir.

**Material de adição:** é o material que será usado como enchimento no processo de soldagem (da mesma natureza do das partes), capaz de preencher as folgas entre as superfícies a unir. O material adicional é de mesma natureza das partes, e será usado para assegurar a continuidade das propriedades. No caso da soldagem por fusão, de chapas ou peças relativamente espessas, ele preencherá a folga entre as superfícies.

**Margem da solda:** junção entre a face da solda e o metal de base (figura 2.8).

**Operador de soldagem:** elemento capacitado a operar máquina ou equipamento de soldagem automática.

**Passe de solda:** progressão unitária da soldagem ao longo de uma junta, depósito de solda ou substrato. O resultado de um passe é um cordão de solda, que pode também se constituir numa camada de solda.

**Penetração da raiz:** profundidade com que a solda se prolonga na raiz da junta, medida na linha de centro da seção transversal da raiz.

**Penetração total da junta:** penetração, na qual o metal de solda preenche totalmente o chanfro, fundindo-se completamente ao metal de base em toda a extensão das faces do chanfro.

**Poça de fusão:** volume localizado de metal líquido, proveniente de metal de adição, e metal de base antes de sua solidificação como metal de solda.

**Polaridade direta (CC-):** tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se do eletrodo para a peça (a peça é considerada como pólo positivo e o eletrodo como pólo negativo).

**Polaridade reversa (CC+):** tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se da peça para o eletrodo (a peça é considerada como pólo negativo e o eletrodo como pólo positivo).

**Procedimento de soldagem ou procedimento de soldagem da executante:** documento, emitido pelo executante dos serviços, descrevendo todos os parâmetros e as condições da operação de soldagem.

**Processo de soldagem:** processo utilizado para unir os materiais pelo aquecimento destes a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a participação de metal de adição.

**Raiz da solda:** pontos, nos quais a parte posterior da solda intercepta às superfícies do metal de base.

**Reforço da fase da solda:** reforço de solda, localizado no lado onde a solda foi feita (figura 2.8).

**Reforço da raiz da solda:** reforço de solda, localizado no lado oposto onde a solda foi feita (figura 2.8).

**Seqüência de soldagem:** ordem pela qual são executadas as soldas de um equipamento

**Soldagem:** é o processo pelo qual se consegue a união.

**Solda:** união localizada de metais ou não metais, produzida pelo aquecimento dos materiais a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a participação de metal de adição.

**Zona afetada termicamente (ZAT):** porção do metal de base que não foi fundida, mas cujas propriedades mecânicas ou microestrutura foram alteradas pelo calor da soldagem, brazagem ou corte (figura 2.9).

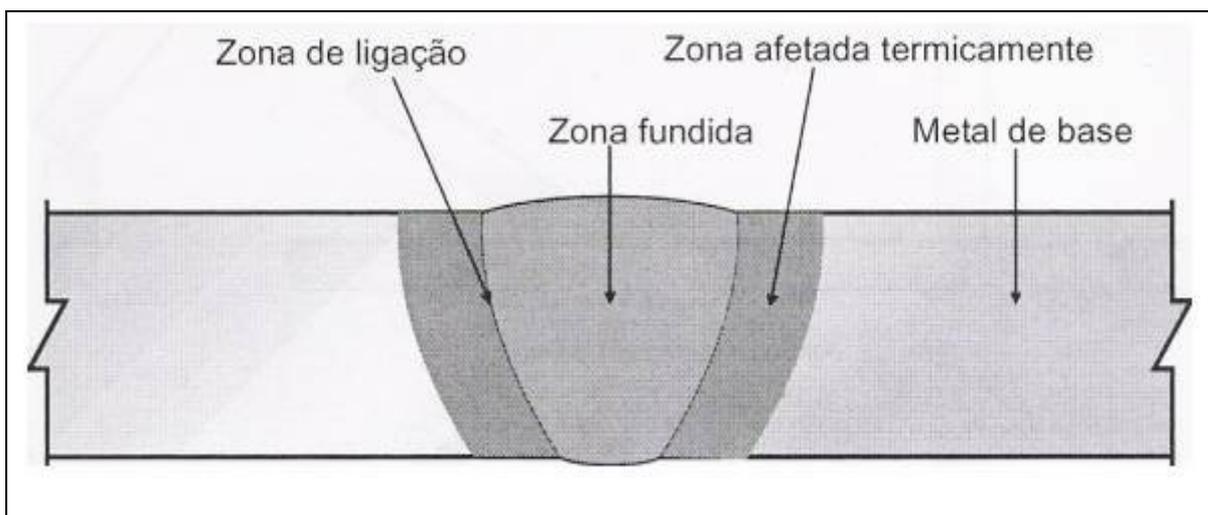


Figura 2.9 – Desenho representativo do corte de uma junta de topo soldada (Santin, 2006)

**Zona de fusão** - área do metal de base fundida, determinada na seção transversal da solda (figura 2.9).

**Zona fundida** - região da junta soldada que esteve momentaneamente no estado líquido e cuja solidificação resultou da cessação ou do afastamento da fonte de calor. Pode ser obtida em um ou em vários passes (figura 2.9).

**Zona de ligação** - região da junta soldada que envolve a zona fundida. É a região que durante a soldagem foi aquecida entre as linhas "liquidus e solidus". Para os metais puros se reduz a uma superfície (figura 2.9).

### 2.2.2 O Arco Elétrico

O arco elétrico de soldagem consiste de uma descarga elétrica controlada, que é sustentada através de um gás ionizado a alta temperatura chamada plasma, produzindo energia térmica suficiente para fusão localizada do metal-base (designação do material a ser soldado) a ser unido através da soldagem. Deve-se salientar que no arco elétrico para soldagem, a descarga elétrica tem baixa tensão e alta intensidade (figura 2.10) (Houldcroft, 1980).

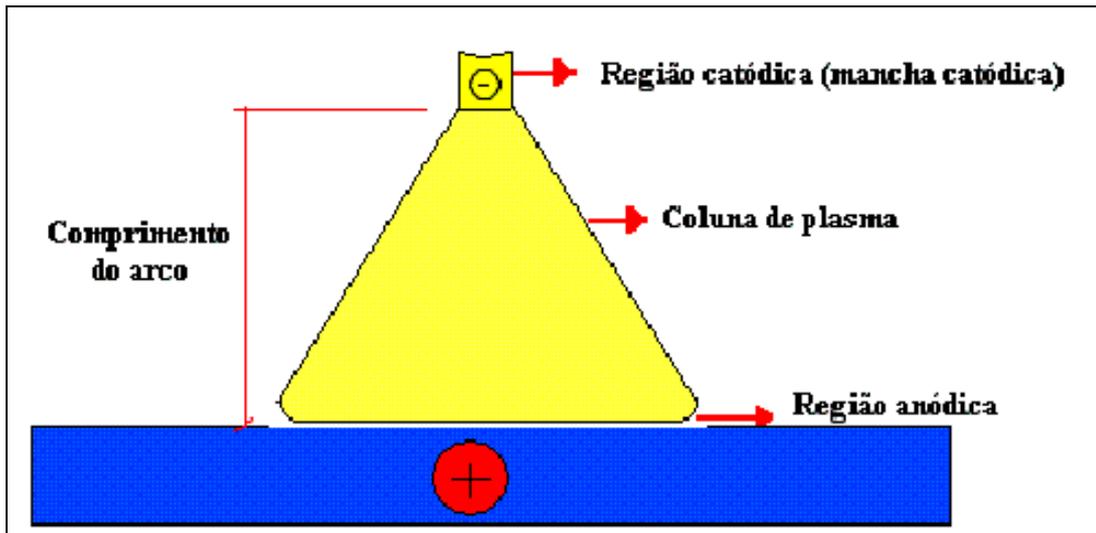


Figura 2.10 – Representação do Arco elétrico (Quites, 1979).

O calor gerado pelo arco que pode ser utilizado no processo de fusão; os valores de eficiência variam entre 20% a 85%, sendo que as perdas são causadas pela geometria do cordão de solda, pelo condutor da energia, a radiação (luz) gerada pela solda em si e os respingos de soldagem. A eficiência ( $f$ ) é baixa para os processos que utilizam eletrodos de tungstênio (TIG) ou de carbono; é alta para o processo de arco submerso (processo automático de soldagem); e mediana para a solda manual com eletrodo revestido. A tabela 2.2 apresenta o rendimento de cada processo de soldagem.

O conceito de energia de soldagem ( $E$ ) é muito importante no estudo do aspecto da zona afetada termicamente (ZAT). Define-se a energia de soldagem como a razão entre a quantidade de energia desprendida na soldagem e a velocidade de avanço da poça de fusão expressa pela equação (2.1).

Tabela 2.2 – Eficiência dos processos de soldagem (Santin, 2006).

| Processo           | TIG  | MIG  | MAG  | ER<br>Eletrodo Revestido |
|--------------------|------|------|------|--------------------------|
| Rendimento ( $f$ ) | 0,55 | 0,72 | 0,78 | 0,78                     |

$$E = (f * V * I) / v \quad (2.1)$$

Onde:

$E$  - energia de soldagem (Joule/milímetro)

$f$  - eficiência de transmissão de calor (%)

$V$  - tensão (Volt)

$I$  - corrente (Ampère)

$v$  - velocidade de avanço (milímetro/segundo)

Muitas vezes, os componentes internos dessas máquinas estão com folga, ocasionando perdas internas e a geração de respingos. Este tipo de problema também pode ser causado pela forma construtiva do equipamento, bem como pela vida útil dos mesmos. Outro fator a ser apresentado é o do cabo terra desencapado, com garra solta, oferecendo possibilidade de mau contato como um dos principais motivadores da perda de eficiência na soldagem. Como resultado dessa perda de eficiência, podemos considerar: o consumo maior de energia elétrica para executar um mesmo serviço, a perda de tempo fazendo o trabalho mais lentamente, que

acresce o custo do valor “homem x hora” e às vezes o custo do retrabalho, por uma falta de fusão na raiz (detectada somente no "Ultrasom"). Por isso é importante avaliar com rigor a relação “custo x benefício” na aquisição de um equipamento.

A abertura do arco elétrico para soldagem necessita do aquecimento e do bombardeamento com elétrons do gás que circundam o eletrodo. A fonte de energia possui uma diferença de potencial característica (tensão em vazio) que favorece a abertura do arco de solda. Quando o eletrodo toca o metal-base, essa tensão cai rapidamente para um valor próximo do zero. A região do eletrodo que tocou o metal-base fica incandescente; os elétrons que são emitidos fornecem mais energia térmica, promovendo a ionização térmica, tanto do gás, quanto do vapor metálico na região entre o metal-base e o eletrodo, isto é, já existe ali um “ambiente ionizado”. Obtida a ionização térmica, o eletrodo pode ser afastado do metal-base sem que o arco elétrico seja extinto.

Perceba que necessariamente, podemos não utilizar um “gás” para ionizar o ambiente. É possível fazê-lo, através de compostos químicos adicionados aos materiais de adição utilizados (arames de solda tubulares ou eletrodo revestido), criando um “ambiente ionizável”.

## 2.3 Processo de Soldagem Tipo MIG/MAG

### 2.3.1 Histórico

Na soldagem ao arco elétrico com gás de proteção (*GMAW - Gas Metal Arc Welding*), também conhecida como *soldagem MIG ou MAG*, um arco elétrico é estabelecido entre a peça e um consumível na forma de arame. O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado à poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás inerte ou por uma mistura de gases (Santin, 2006; FBTS, 2001).

O conceito básico de GMAW foi introduzido em 1920, e tornado comercialmente viável após 1948. Inicialmente foi empregado com um gás de proteção inerte na soldagem do alumínio. Conseqüentemente, o termo *soldagem MIG* foi inicialmente aplicado e ainda é uma referência ao processo. Desenvolvimentos subseqüentes acrescentaram atividades com baixas densidades de corrente e correntes contínuas pulsadas, emprego em uma ampla gama de materiais, e o uso de gases de proteção reativos (particularmente o dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>) e misturas de gases. Esse desenvolvimento posterior levou à aceitação formal do termo *GMAW - Gas Metal Arc Welding* para o processo, visto que tanto gases inertes quanto reativos são empregados. No entanto, quando se empregam gases reativos, é muito comum usar o termo *soldagem MAG* (MAG - Metal Active Gas).

O processo de soldagem funciona com corrente contínua (CC), normalmente com o arame no pólo positivo. Essa configuração é conhecida como polaridade **reversa (CC+)**. A polaridade **direta** raramente é utilizada por causa da transferência deficiente do metal fundido do arame de solda para a peça. São comumente empregadas correntes de soldagem de 50 A até mais que 600 A e tensões de soldagem de 15 V até 32 V. Um arco elétrico autocorrigido e estável é obtido com o uso de uma fonte de potencial (tensão) constante e com um alimentador de arame de velocidade constante.

Melhorias contínuas tornaram o processo MIG/MAG aplicável à soldagem de todos os metais comercialmente importantes como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre e vários outros. Materiais com espessura acima de 0,76 mm podem ser soldados em todas as posições.

Para se produzir uma solda de alta qualidade com baixo custo nos processos de soldagem MIG/MAG é necessário escolher os equipamentos de forma adequada, arame, gás de proteção e as condições de soldagem adequadas.

### 2.3.2 Fundamentos do Processo

A soldagem MIG/MAG usa o calor de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo nu, alimentado de maneira contínua, e o metal de base, para fundir a ponta do eletrodo e a superfície do metal de base na junta que está sendo soldada. A proteção do arco e da poça de solda fundida vem inteiramente de um gás alimentado externamente (figura 2.11), o qual pode ser inerte, ativo ou uma mistura destes. Portanto dependendo do gás pode ter os seguintes processos: (Cleber, 2004; Santin, 2006; FBTS, 2001).

Processo MIG (METAL INERT GAS): injeção de gás inerte.

O gás pode ser:

- . Argônio
- . Hélio
- . Argônio + 1% de  $O_2$
- . Argônio + 3% de  $O_2$

Processo MAG: injeção de gás ativo, ou mistura de gases, que perdem a característica de inertes, quando parte do metal de base é oxidado. Os gases utilizados são:

- .  $CO_2$
- .  $CO_2$  + 5 a 10% de  $O_2$
- . Argônio + 15 a 30% de  $CO_2$
- . Argônio + 5 a 15% de  $O_2$
- . Argônio + 25 a 30% de  $N_2$

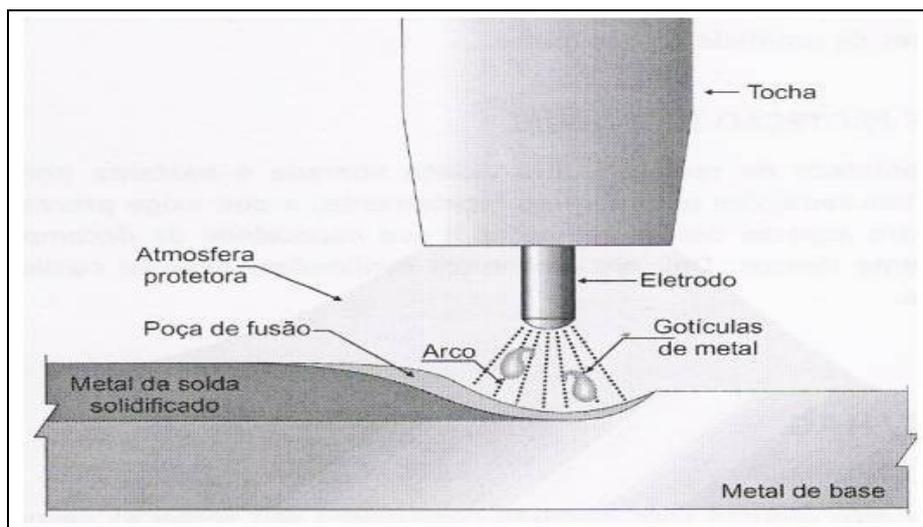


Figura 2.11 – Soldagem MIG/MAG (Cleber, 2004)

Escórias formadas nos processos de soldagem com eletrodo revestido e soldagem a arco submerso, não são formadas no processo de soldagem MIG/MAG, porque nesses processos não se usa fluxo. Entretanto, um filme vítreo (que tem o aspecto de vidro) de sílica se forma de eletrodos de alto silício utilizando gás de proteção contendo oxigênio ou Dióxido de Carbono (MAG), o qual deve ser tratado como escória. A soldagem MIG/MAG é um processo bastante versátil. As maiores vantagens são:

- taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido.
- menos gás e fumaça na soldagem.
- alta versatilidade.
- larga capacidade de aplicação.
- solda uma faixa ampla de espessura e de materiais.

O processo de soldagem MIG/MAG, pode ser semi-automático ou automático. No processo semi-automático o eletrodo é alimentado automaticamente através de uma pistola. O soldador controla a inclinação e a distância entre a pistola e a peça, bem como a velocidade de deslocamento e a manipulação do arco. O processo de soldagem MIG/MAG pode também ser usado para aplicação de revestimento superficial.

### 2.3.3 Equipamentos de Soldagem.

O equipamento de soldagem MIG/MAG consiste de uma pistola de soldagem, uma fonte de energia, um suprimento de gás de proteção e um sistema de acionamento de arame. A figura 2.12, mostra o equipamento básico necessário para o processo de soldagem MIG/MAG (Santin, 2006; FBTS, 2001).

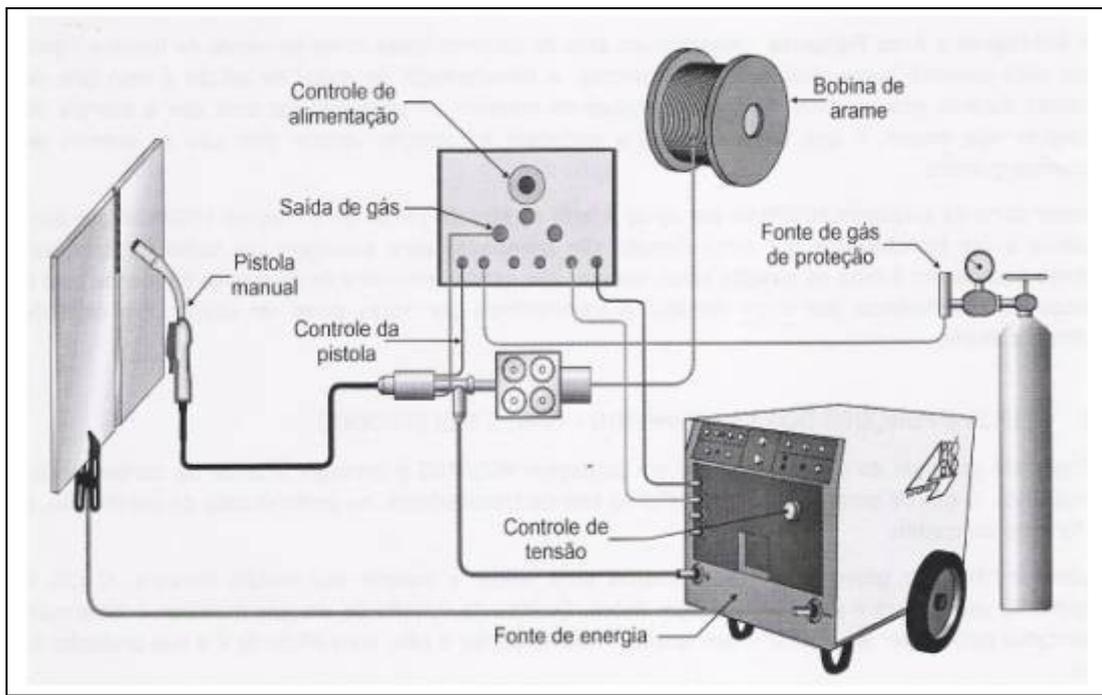


Figura 2.12 – Equipamento para soldagem MIG/MAG (Santin, 2006).

A pistola contém um tubo de contato, para transmitir a corrente de soldagem até o eletrodo e um bico de gás para direcionar o gás de proteção às redondezas do arco e da poça de fusão. O alimentador de arame é composto de um motor pequeno de corrente contínua e de uma roda motriz. O escoamento do gás de proteção é regulado pelo fluxímetro e pelo regulador-reductor de pressão. Estes possibilitam fornecimento constante de gás para o bico da pistola.

A maioria das aplicações da soldagem MIG/MAG requer energia com corrente contínua e polaridade reversa. Nesta situação tem-se um arco mais estável, transferência estável, salpico baixo, e cordão de solda de boas características. Corrente contínua polaridade direta não é usada freqüentemente, e corrente-alternada nunca é utilizada para este processo.

### 2.3.4 Tipos de Transferência de Metal de Adição.

Há quatro modos de transferência do metal de adição fundido da ponta do arame para a poça de fusão, a saber (Santin, 2006; FBTS, 2001; Marques1991).

**Por Transferência Globular** - ocorre com uma baixa corrente em relação à bitola do eletrodo. O metal se transfere do eletrodo para a peça como glóbulos, cada um maior em

diâmetro que o eletrodo. Os glóbulos se transferem para a poça sem muita direção e o aparecimento de salpico é bem evidente.

**Por Transferência por Spray ou por Aerossol** - ocorre com correntes altas. O metal de adição fundido se transfere do arco como gotículas finas. Com a transferência por spray a taxa de deposição pode chegar até a 10 kg/h. Entretanto, essa taxa de deposição restringe o método à posição.

**Por Transferência por Curto Circuito** - A fusão inicia-se globularmente e a gota vai aumentando de tamanho até tocar a poça de fusão, produzindo um curto circuito e extinguindo o arco. Sob a ação de determinadas forças, a gota é transferida para a peça. Este processo permite a soldagem em todas as posições e é um processo com energia relativamente baixa, o que restringe seu uso para espessuras maiores.

**Por Soldagem a Arco Pulsante** - mantém um arco de corrente baixa como elemento de fundo e injeta sobre essa corrente baixa, pulsos de alta corrente. A transferência do metal de adição é pelo jato de gotículas durante esses pulsos. Esta característica da corrente de soldagem faz com que a energia de soldagem seja menor, o que torna possível a soldagem na posição vertical pelo uso de arames de diâmetros grandes.

A maior parte da soldagem MIG/MAG por spray é feita na posição plana. As soldagens MIG/MAG por arco pulsante e por transferência por curto circuito são adequadas para soldagem em todas as posições. Quando a soldagem é feita na posição sobre-cabeça, são usados eletrodos de diâmetros pequenos com o método de transferência por curto circuito. A transferência por spray pode ser usada com corrente contínua pulsada.

### 2.3.5 Tipos e Funções dos Consumíveis – Gases e Eletrodos.

A finalidade principal do gás de proteção em soldagem MIG/MAG é proteger a solda da contaminação atmosférica. Este gás também influi no tipo de transferência, na profundidade de penetração, e no formato do cordão (MACKENZIE, 1982).

Argônio e hélio são gases de proteção usados para soldar a maioria dos metais ferrosos. O CO<sub>2</sub> é largamente usado para a soldagem de aços doces. Quando da seleção de um gás protetor, o fator mais importante para se ter em mente é que quanto mais denso for o gás, mais eficiente é a sua proteção ao arco.

As misturas argônio-dióxido de carbono são usadas principalmente nos aços carbono e de baixa liga e, com aplicação limitada, em aços inoxidáveis. As adições de argônio ao dióxido de carbono diminuem os níveis de respingos, normalmente experimentados com o dióxido de carbono puro. Pequenas adições de dióxido de carbono ao argônio produzem as mesmas características de transferência em aerossol, que as pequenas adições de oxigênio. A diferença recai na maioria das vezes nas maiores correntes de transição para transferência em aerossol das misturas argônio / dióxido de carbono. Na soldagem MIG/MAG com adições de dióxido de carbono, um nível de corrente ligeiramente maior deve ser atingido para estabelecer e manter uma transferência de metal estável em aerossol através do arco. Adições de oxigênio reduzem a corrente de transição para transferência em aerossol.

Acima de aproximadamente 20% CO<sub>2</sub> a transferência em aerossol torna-se instável e começam a ocorrer aleatoriamente transferências por curto-circuito e globular.

- Argônio / 21 a 25% CO<sub>2</sub> (C25) - essa faixa é universalmente conhecida como o gás usado na soldagem MAG com transferência por curto circuito em aços doces. Foi originalmente formulado para maximizar a frequência de curto-circuito em arames sólidos de diâmetros 0,8 mm e 0,9 mm, mas, ao longo dos anos, tornou-se o padrão de fato para a maioria dos diâmetros dos arames sólidos e também dos arames tubulares mais comuns. Essa mistura

funciona bem em aplicações de altas correntes em materiais espessos, e pode alcançar boa estabilidade do arco, controle da poça de fusão e aparência do cordão, bem como alta produtividade.

- Há outras misturas como Argônio / 50% CO<sub>2</sub> ou Argônio / 75% CO<sub>2</sub>, utilizadas em soldagem de material de espessura acima de 3,2mm.

Um dos mais importantes fatores a considerar na soldagem MIG é a seleção correta do arame de solda. Esse arame, em combinação com o gás de proteção, produzirá o depósito químico que determina as propriedades físicas e mecânicas da solda. Basicamente existem cinco fatores principais que influenciam a escolha do arame para a soldagem MIG/MAG:

- a composição química do metal de base;
- as propriedades mecânicas do metal de base;
- o gás de proteção empregado;
- o tipo de serviço ou os requisitos da especificação aplicável e
- o tipo de projeto de junta.

Entretanto, a grande experiência na soldagem industrial levou a *American Welding Society - AWS* - a simplificar a seleção. Foram desenvolvidos e fabricados arames que produzem os melhores resultados com materiais de base específicos. Embora não exista uma especificação aplicável à indústria em geral, a maioria dos arames está em conformidade com os padrões.

Antes de abordar os arames específicos para a soldagem MIG/MAG de materiais ferrosos, existem similaridades básicas que todo o arame ferroso compartilha nos elementos de liga adicionados ao ferro. Na soldagem MIG/MAG de aços carbono a função primária das adições de elementos de liga é controlar a desoxidação da poça de fusão e ajudar a determinar as propriedades mecânicas da solda. Desoxidação é a combinação de um elemento com o oxigênio da poça de fusão, resultando numa escória ou num filme vítreo sobre a superfície do cordão de solda. A remoção do oxigênio da poça de fusão elimina a principal causa de porosidade no metal de solda. Para maiores informações sobre consumíveis consultar a literatura informada nas referências bibliográficas no capítulo 11.

### **2.3.6 Comportamento da atmosfera ativa do processo MIG/MAG.**

Por atmosfera ativa entende-se a injeção de gás de proteção ativo, isto é, com capacidade de oxidar o metal durante a soldagem. Para facilitar o raciocínio sobre os fenômenos envolvidos, teremos como exemplo, a injeção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (figura 2.13) (Santin, 2006; FBTS, 2001; SENAI, 1976).

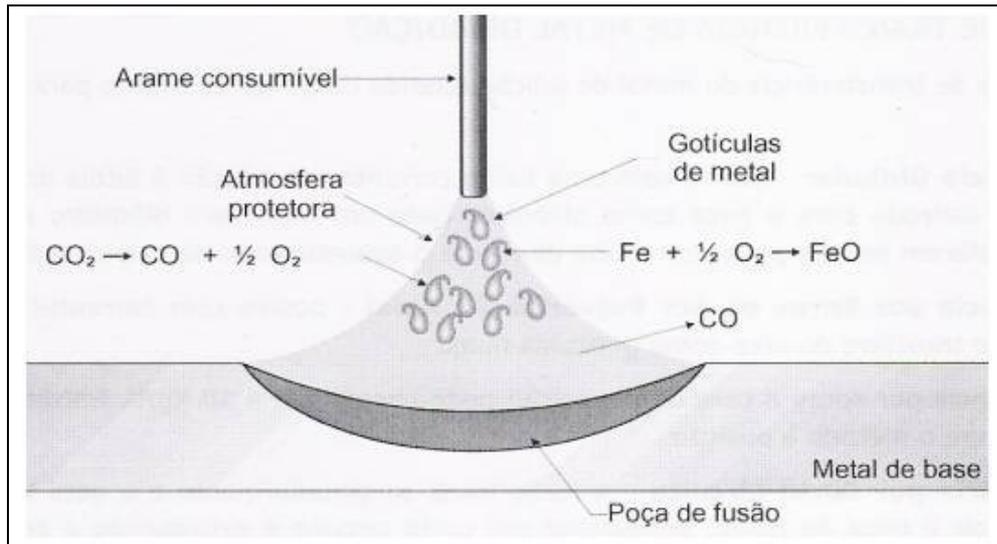


Figura 2.13 - Injeção de gás ativo (SENAI, 1976).

O dióxido de carbono injetado no gás de proteção, ao dissociar-se em monóxido de carbono e oxigênio ( $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ ), propicia a formação do monóxido de ferro:  $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$ . O monóxido de ferro ( $\text{FeO}$ ), por sua vez, difunde-se e dissolve-se na poça de fusão mediante a reação  $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$

Pode ocorrer que não haja tempo para a saída do monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), da poça de fusão, o que provocará poros ou porosidade no metal de solda.

O problema é resolvido mediante a adição de elementos desoxidantes, como por exemplo, o manganês. O manganês reage com o óxido de ferro, dando origem ao óxido de manganês, o qual, não sendo gás, vai para a escória. O manganês, porém deve ser adicionado em quantidade compatível com o  $\text{FeO}$  formado.  $\text{Mn}$  em excesso fará com que parte dele se incorpore à solda, implicando em maior dureza do metal de solda e, portanto, em maior probabilidade de ocorrência de trincas. Em síntese, portanto, ocorrem as seguintes reações:

- na atmosfera ativa:  
 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$   
 $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$
- quando da transformação líquido/sólido:  
 $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$
- com a adição de elementos desoxidantes:  
 $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$  (o  $\text{MnO}$  vai para a escória).

É sempre conveniente atentarmos para os seguintes detalhes na soldagem com atmosfera ativa (processo MAG e todos os outros com atmosfera ativa):

- à medida que a velocidade de solidificação aumenta, torna-se maior a probabilidade de ocorrência de poros e porosidades e
- a oxidação pode ser causa de poros e porosidades. O que acarreta a ocorrência de trincas.

### 2.3.7 Características e Aplicações.

O processo de soldagem MIG/MAG com procedimentos de soldagem apropriados produz soldas de alta qualidade. Como não é utilizado um fluxo, a possibilidade de inclusão de escória semelhante ao processo eletrodo revestido ou arco submerso é mínima, podendo, por outro lado, ocorrer à inclusão de uma escória vítrea característica do processo, se a limpeza entre os passes não for feita de maneira adequada. Hidrogênio na solda é praticamente inexistente.

A soldagem MIG/MAG é um processo de soldagem para todas as posições, dependendo do eletrodo e do gás ou gases usados. Pode soldar a maioria dos metais e ser utilizado, inclusive, para a deposição de revestimentos superficiais. Tem capacidade para soldar espessuras maiores de 0,5 mm, com transferência por curto circuito. A taxa de deposição pode chegar a 15 kg/h, dependendo do eletrodo, modo de transferência e gás usado (Cleber, 2004).

### 2.3.8 Descontinuidades Induzidas pelo Processo (Defeitos).

Com as condições e técnicas de soldagem corretas e com os materiais também corretos o processo MIG/MAG resultará num depósito de solda de alta qualidade. Entretanto, assim como em qualquer outro processo de soldagem, os defeitos de solda podem ocorrer. A maioria dos defeitos encontrados na soldagem é causada por práticas de soldagem inadequadas. Uma vez que as causas sejam determinadas, o operador pode facilmente corrigir o problema. Defeitos usualmente encontrados incluem falta de penetração, falta de fusão, mordedura, porosidade e trincas longitudinais (Fortes, 2004)

**Falta de penetração** - Esse tipo de defeito é encontrado num dos três casos (figura 2.14):

- a) quando o cordão de solda não penetrar completamente na espessura do metal de base;
- b) quando dois cordões de solda opostos não se interpenetram e
- c) quando o cordão de solda não penetrar na garganta de uma junta em ângulo.

A corrente de soldagem é o parâmetro que tem o maior efeito na penetração. A penetração incompleta é normalmente causada pela aplicação de uma corrente de soldagem muito baixa e pode ser evitada simplesmente aumentando essa corrente de soldagem. Outras causas podem ser o emprego de uma velocidade de soldagem muito baixa e um ângulo incorreto da tocha. Ambas permitirão que a poça de fusão passe à frente do arco, atuando como um amortecimento à penetração. O arco deve ser mantido na margem anterior da poça de fusão.

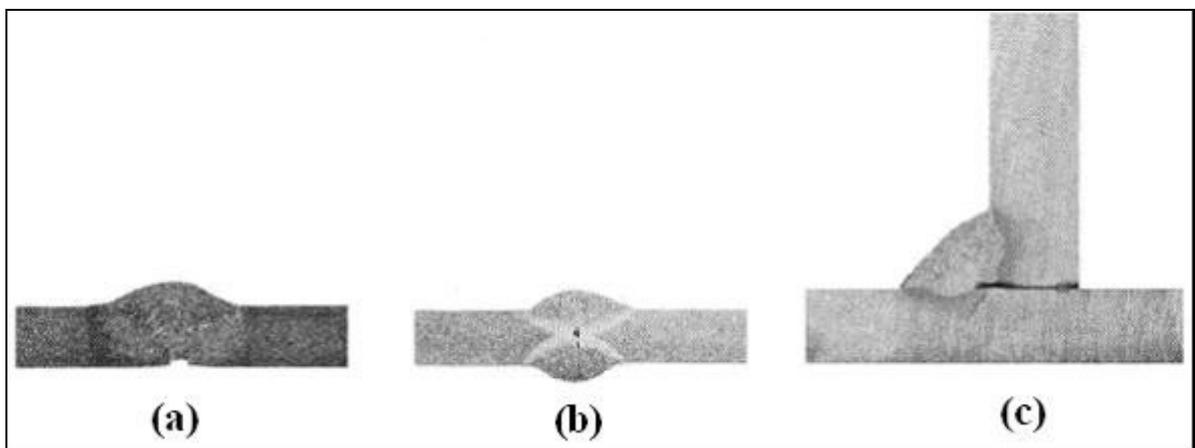


Figura 2.14 - Exemplos de falta de penetração (Fortes, 2004).

**Falta de fusão** - Falta de fusão, também conhecida como gota fria, ocorre onde não existir fusão entre o metal de solda e as superfícies do metal de base. Este defeito pode ser observado na Figura 2.15. A causa mais comum de falta de fusão é uma técnica de soldagem deficiente. Ou a poça de fusão fica muito larga (por causa de uma velocidade de soldagem muito baixa) e/ou o metal de solda passou à frente do arco. Mais uma vez, o arco deve ser mantido na margem anterior da poça de fusão. Quando isso é feito, a poça de fusão não ficará muito larga e não poderá "amortecer" o arco. Outra causa é o uso de uma junta de solda muito larga. Se o arco for dirigido diretamente para o centro da junta, o metal de solda fundido apenas fluirá e fundir-se-á contra as paredes do chanfro sem, porém, fundi-las. O calor do arco deve ser usado também para fundir o metal de base, o que é alcançado tornando a junta mais estreita ou dirigindo o arco também para as paredes do chanfro. Na soldagem multipasses de juntas espessas deve ser adotada uma técnica de oscilação sempre que possível após o passe de raiz. No entanto, cordões de solda muito largos ligando os dois lados do chanfro devem ser evitados. A falta de fusão também pode ocorrer na forma de uma gota fria. Esse defeito é geralmente causado por uma velocidade de soldagem muito baixa na tentativa de se depositar uma camada em um único passe de solda. Entretanto, é muito frequentemente causado por uma tensão de soldagem muito baixa. Como resultado, a molhabilidade do cordão de solda fica ruim. Embora nos aços seja possível soldar sobre o óxido de ferro (ferrugem, carepa), uma quantidade excessiva desse óxido pode causar falta de fusão.

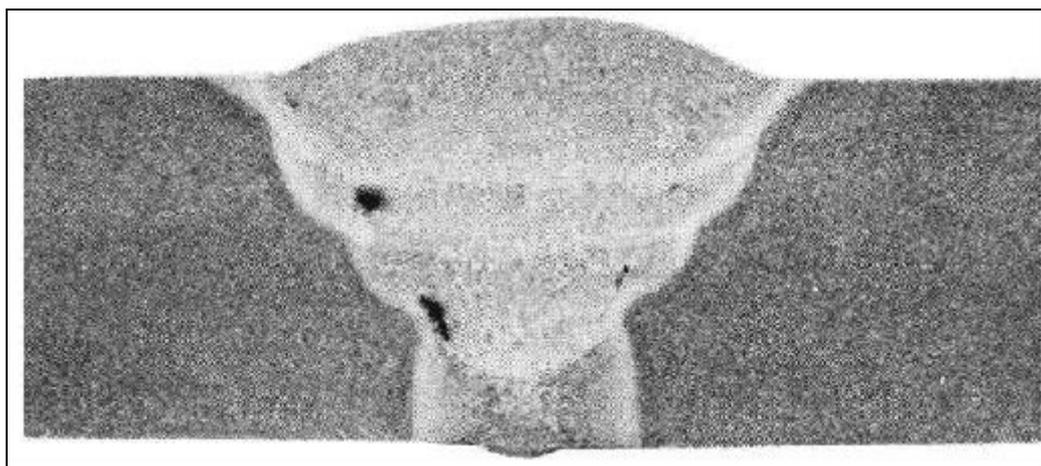


Figura 2.14 – Exemplo de falta de fusão (Fortes, 2004).

**Mordedura** - Como está ilustrado na figura 2.15 a mordedura é um defeito que aparece como um entalhe no metal de base ao longo das bordas do cordão de solda. É muito comum em juntas em ângulo sobrepostas, porém pode também ser encontrada em juntas de topo e em ângulo. Esse tipo de defeito é mais comumente causado por parâmetros de soldagem inadequados, particularmente a velocidade de soldagem (velocidade de avanço) e a tensão do arco. Quando a velocidade de soldagem é muito alta, o cordão de solda fica com uma crista por causa da solidificação extremamente rápida. As forças da tensão superficial arrastaram o metal fundido ao longo das margens do cordão de solda e empilharam-no ao longo de seu centro. As partes fundidas do metal de base são afetadas da mesma maneira. O entalhe da mordedura fica onde o metal de base fundido foi arrastado para a solda e não retornou devido à rápida solidificação. A diminuição da velocidade de soldagem reduzirá gradualmente o tamanho da mordedura e eventualmente eliminá-la-á. Quando estão presentes mordeduras pequenas ou intermitentes, aumentar a tensão do arco ou soldar empurrando podem ser ações corretivas eficazes. Em ambos os casos o cordão de solda ficará mais plano e a molhabilidade será melhor. Entretanto, quando a tensão do arco é aumentada até níveis excessivos, a mordedura poderá aparecer novamente. Esse fato é particularmente verdadeiro no modo de

transferência por aerossol. Quando o arco se torna muito longo, também se torna muito largo, que resulta num aumento da quantidade de metal de base fundido. No entanto, a transferência de calor de um arco longo é ruim, e assim, na realidade, o arco não está transferindo mais calor para a região da solda. As áreas mais externas se resfriam muito rapidamente e novamente não se consegue uma boa molhabilidade. O comprimento do arco deve ser mantido curto, não só para evitar mordeduras, mas também para aumentar a penetração e garantir a integridade da solda. Correntes de soldagem excessivas também podem causar mordeduras. A força e o calor do arco e a penetração são tão grandes que o metal de base sob o arco é realmente "soprado" para fora. Mais uma vez, as áreas mais externas do metal de base são fundidas, mas se solidificam rapidamente. A turbulência da poça de fusão e a tensão superficial não permitem que a poça de fusão molhe adequadamente o metal de base. É sempre recomendável permanecer dentro das faixas de corrente especificadas para cada diâmetro de arame.

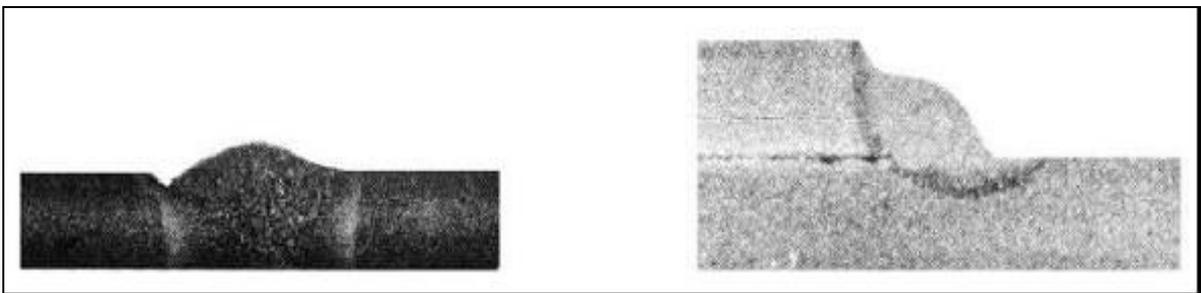


Figura 2.15 – Exemplos de mordeduras (Fortes, 2004).

**Porosidade** - A porosidade consiste em poros de gás encontrados no cordão de solda solidificado. Como está ilustrado na figura 2.16 esses poros podem variar em tamanho e são geralmente distribuídos numa forma aleatória. Entretanto, é possível que a porosidade possa ser encontrada apenas no centro da solda. Os poros podem ser superficiais ou sub-superficiais. As causas mais comuns da porosidade são a contaminação atmosférica, superfícies das peças a serem soldadas excessivamente oxidadas, elementos de liga desoxidantes no arame inadequados e a presença de materiais estranhos. A contaminação atmosférica pode ser causada por: vazão de gás de proteção insuficiente; vazão de gás de proteção excessiva, que pode causar aspiração de ar para dentro do fluxo do gás de proteção ou bocais obstruídos ou sistema de fornecimento de gás danificado (mangueiras e conexões com vazamentos, etc.);

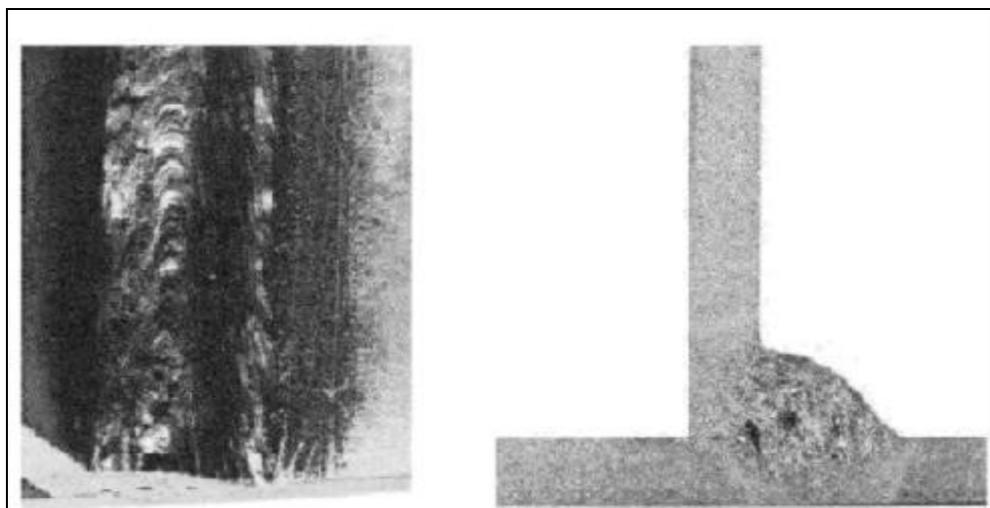


Figura 2.16 – Exemplos de Porosidades (Fortes, 2004).

**Trincas:** podem ocorrer trincas em soldagem com técnica deficiente como, por exemplo, uso de metal de adição inadequado. Porém as trincas se subdividem em: Trinca longitudinais;

**Trincas longitudinais** - Trincas longitudinais (ou de centro) do cordão de solda não frequentemente encontradas na soldagem MIG/MAG. Entretanto, essas trincas só podem ser de dois tipos: trincas a quente e trincas a frio. Trincas a quente típicas são ilustradas na figura 2.17. Trincas a quente são aquelas que ocorrem enquanto o cordão de solda está entre as temperaturas de fusão (linha *liquidus*) e de solidificação (linha *solidus*). Nessa faixa de temperatura o cordão de solda está "pastoso". Trincas a quente normalmente resultam do uso de um arame de solda incorreto (particularmente em ligas de alumínio e de aço inoxidável). A composição química do metal de base também pode levar a esse defeito (um exemplo seria um fundido de aço inoxidável de alto carbono). Qualquer combinação de projeto de junta, condições e técnicas de soldagem que resulte num cordão de solda com uma superfície excessivamente côncava poderá conduzir à fissuração. Trincas que sucedem após o cordão de solda estar completamente solidificado são denominadas trincas a frio, que ocorrem apenas quando a solda é muito pequena para suportar as tensões atuantes envolvidas.

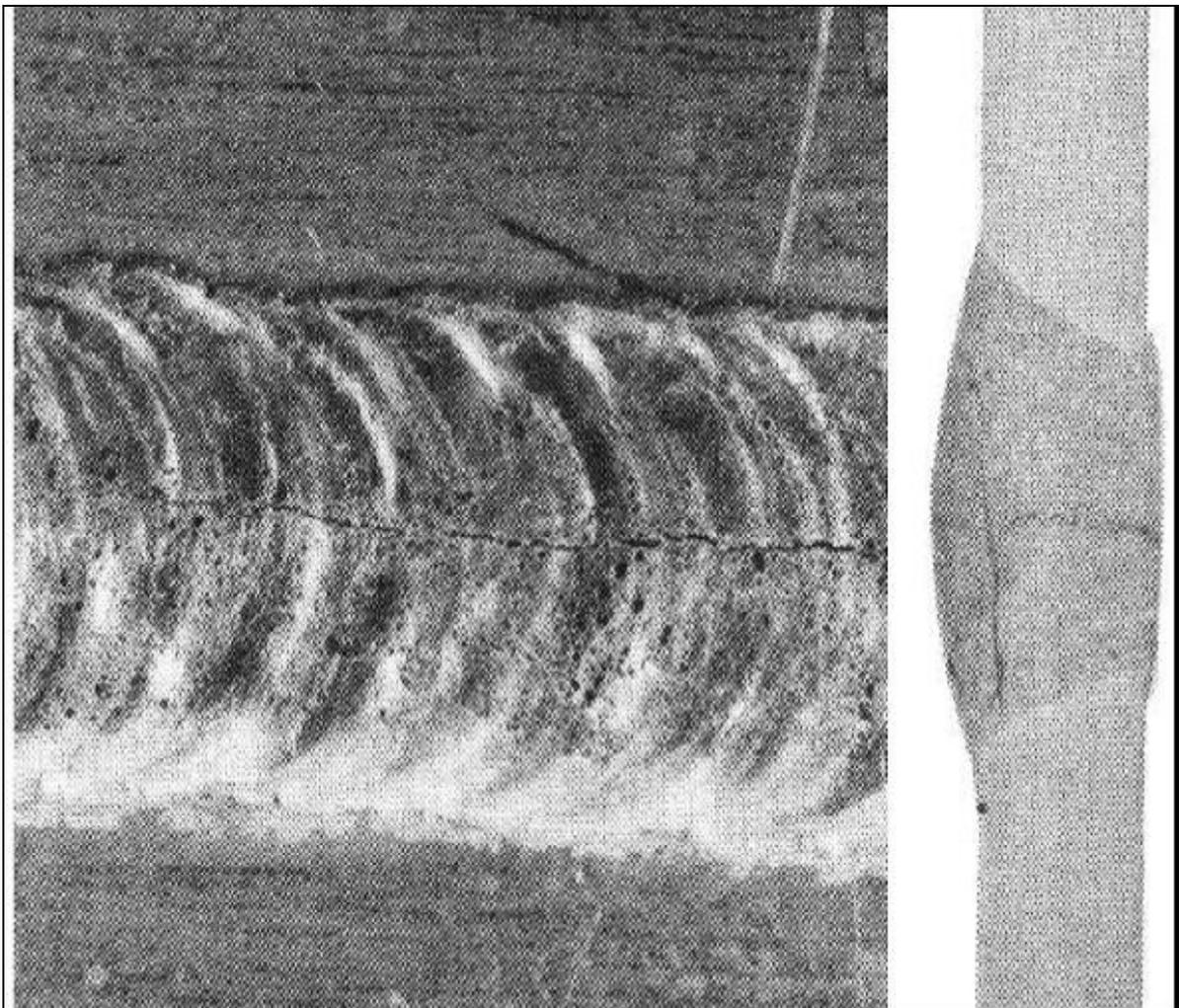


Figura 2.17 – Exemplo de trinca longitudinal (Fortes, 2004).

Como um guia de referência rápida, a tabela 2.3 lista todos os defeitos possíveis, suas causas e ações corretivas.

Tabela 2.3 – Tabela de defeitos, causas e ações corretivas do processo soldagem MIG/MAG (Fortes,2006)

| <b>Defeito</b>  | <b>Causa e/ou ação corretiva</b>   |
|---|--|
| <b>Porosidade</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Óleo, oxidação grosseira, carepa, etc.</li> <li>- Arame - pode ser necessário um arame com teores mais altos de Mn e Si.</li> <li>- Problema de proteção: vento, bocal obstruído ou pequeno, mangueira de gás danificada, vazão de gás excessiva, entre outras.</li> <li>- Falha na remoção da escória vítrea entre os passes de solda.</li> <li>- Soldagem sobre a escória de eletrodo revestido.</li> </ul> |
| <b>Falta de penetração</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Junta de solda muito estreita.</li> <li>- Corrente de soldagem muito baixa; extensão do eletrodo muito grande.</li> <li>- Poça de fusão passando à frente do arco.</li> </ul>   |
| <b>Falta de fusão</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensão e/ou corrente de soldagem muito baixa.</li> <li>- Polaridade errada; deveria ser CC+.</li> <li>- Velocidade de soldagem muito baixa.</li> <li>- Soldagem sobre um cordão convexo.</li> <li>- Oscilação da tocha muito larga ou muito estreita.</li> <li>- Oxidação excessiva na chapa.</li> </ul>  |
| <b>Mordedura</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidade de soldagem muito alta.</li> <li>- Tensão de soldagem muito alta.</li> <li>- Corrente de soldagem excessiva.-</li> </ul>   |
| <b>Trincas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição química incorreta do arame de solda.</li> <li>- Cordão de solda muito pequeno.</li> <li>- Má qualidade do material de base sendo soldado.</li> </ul>   |
| <b>Arco instável</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar o gás de proteção.</li> <li>- Verificar o sistema de alimentação de arame.</li> </ul>   |
| <b>Início do cordão deficiente ou quebra do arame</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensão de soldagem muito baixa.</li> <li>- Indutância muito alta.</li> <li>- Extensão do eletrodo muito grande.</li> <li>- Limpar a escória vítrea ou a oxidação do metal de base.</li> </ul>   |
| <b>Respingos excessivos</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar misturas Ar-CO<sub>2</sub> ou Ar-O<sub>2</sub> no lugar de CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Diminuir o percentual de He.</li> <li>- Tensão do arco muito baixa.</li> <li>- Aumentar a indutância.</li> </ul>   |
| <b>Furo da raiz</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrente de soldagem muito alta.</li> <li>- Velocidade de soldagem muito baixa.</li> <li>- Diminuir a abertura da raiz</li> <li>- Usar misturas Ar-CO<sub>2</sub> no lugar de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>  |

### 2.3.9 Condições de Proteção Individual.

Na soldagem MIG/MAG é grande a emissão de radiação ultravioleta. Existe também o problema de projeções metálicas. O soldador deve usar os equipamentos convencionais de segurança, tais como luvas, macacão, óculos para proteção da vista e calçado de couro.

Em uma operação de soldagem estão presentes vários fatores que, agindo isoladamente ou em conjunto, representam sério risco à saúde do trabalhador. Tais fatores são: calor; ruído; radiação; fumos; gases; fogo e eletricidade os quais devem ser mantidos sob controle, exigindo medidas de proteção tanto individuais quanto ambientais, no sentido de proteger, não só o trabalhador envolvido diretamente na operação, como, também, outras pessoas, máquinas, equipamentos e instalações. A inobservância de tais fatores pode conduzir à formação de um ambiente inseguro, com graves conseqüências. Caso um acidente venha a ocorrer haverá prejuízos, mutilações ou até mesmo a perda de vidas (Marques, 1991).

### **2.3.9.1 Radiação**

Durante os processos de soldagem ao arco elétrico são gerados raios ultravioletas de alta intensidade, raios infravermelhos e radiação dentro do espectro visível da luz. A pele exposta à radiação ultravioleta, mesmo que por poucos minutos, sofre queimaduras semelhantes às provocadas pelo sol, podendo provocar ulcerações e câncer de pele. Os raios infravermelhos, agindo sobre a pele, provocam efeito de aquecimento; se o tempo de exposição for prolongado, provocará, também, queimaduras. Agindo sobre os olhos os raios infravermelhos, ultravioletas e radiação visível ocasionarão sérios danos aos mesmos, tais como: conjuntivite, irritação das pálpebras, cegueira temporária e catarata. No caso de exposição prolongada ou repetida, os danos serão maiores, podendo ocorrer uma lesão permanente.

Tornam-se, portanto, necessário à utilização pelo soldador de equipamentos de proteção como luvas, aventais, mangas compridas, capacetes, óculos e viseiras com lentes especiais. A escolha da lente adequada é de suma importância e estas são identificadas por números. Quanto maior o número, tanto maior a proteção oferecida. O soldador deve escolher sempre o maior número possível. Caso a lente seja demasiada escura a ponto de interferir na visualização de seu trabalho, ele deve experimentar valores inferiores, até encontrar a que melhor se adapte sem, contudo, jamais ultrapassar o limite mínimo estabelecido e indicado em tabelas.

### **2.3.9.2 Calor**

É um elemento sempre presente nas operações de soldagem ou corte. Seu controle é fácil, dependendo apenas de uma boa ventilação do ambiente, que será igualmente útil em relação a outros fatores nocivos. O grande cuidado que se deve ter é em relação à projeção de centelhas e metal fundido, que chegam a atingir distâncias consideráveis. Em contato com a pele do soldador, provocará imediatamente uma queimadura. Portanto, as roupas devem ser resistentes, as mangas compridas e as calças não devem conter dobras para fora, para que o metal quente não fique preso nelas. As luvas devem ser de raspa de couro com proteção para os punhos. Deve ser dada atenção à presença de materiais combustíveis ou líquidos inflamáveis, que devem ser afastados ou isolados do local.

### **2.3.9.3 Ruído**

Presentes nas operações de soldagem, devem ser medidos e se ultrapassarem os índices previstos nas NR deve ser controlado com o uso de protetores auriculares, pois a exposição contínua leva à diminuição da capacidade auditiva, podendo levar à surdez definitiva. Os protetores auriculares em forma de concha (tipo fone de ouvido) têm a vantagem de proteger o pavilhão auricular contra a projeção de faíscas metálicas. Os protetores tipo plugue devem estar limpos antes de serem introduzidos no canal auditivo, evitando-se, desta forma, infecções. Seu manuseio deve ser feito sempre com mãos limpas. Muitas vezes o ruído é presença constante no ambiente de trabalho devido a outras operações. É sempre mais vantajoso procurar eliminar o problema na origem, (por exemplo, isolando o agente causador em cabines), adotando-se uma atitude preventiva e evitando-se problemas decorrentes da utilização inadequada ou mesmo da não utilização de equipamentos individuais de proteção. A perda da audição é gradual, podendo não ser percebida no início, porém, sendo um processo cumulativo, torna-se um dano irreversível.

#### **2.3.9.4 Fumos e Gases**

Os gases empregados nas operações de soldagem, bem como os fumos emanados das peças, ou consumíveis podem provocar riscos à saúde do soldador e de outros profissionais que trabalham na área, devido à presença de elementos químicos tais como carbono, cobre, cobalto, alumínio, níquel, fluoretos, zinco, manganês entre outros. Além disso, a fumaça desprendida durante a soldagem pode conter partículas sólidas também prejudiciais à saúde. Os efeitos da exposição aos fumos, ainda que temporários são: tonteados, náuseas, irritação dos olhos e pele. Uma exposição constante, entretanto, pode conduzir a doenças crônicas, como por exemplo: a siderose (acúmulo de ferro nos pulmões).

A maioria dos gases de proteção não apresentam toxicidade, porém podem provocar asfixia, por ocupar o lugar do oxigênio na atmosfera, cujos sintomas são tonteados, inconsciência e morte.

A radiação ultravioleta muito intensa nos processos MIG/MAG é capaz de decompor desengraxantes utilizados na limpeza das peças, como o tricloroetileno e o percloroetileno, além de ser grande auxiliar na formação de ozônio e óxidos nitrosos, responsáveis por irritação nos olhos e inflamação no nariz e garganta.

#### **2.3.9.5 Eletricidade.**

A eletricidade, hoje está presente na imensa maioria dos processos de soldagem e torna nossa vida muito mais confortável. Até mesmo o corpo humano é movido por impulsos elétricos. Se, entretanto, uma fonte externa de eletricidade for "conectada" ao nosso corpo, esta certamente irá interferir em seu funcionamento. Essa interferência poderá ser notada desde uma leve sensação de formigamento até a ocorrência de queimaduras grave ou parada cardíaco-respiratória, provocando a morte.

### 3. OBJETIVOS

Com a expansão do Projeto SUAPE com a chegada a Pernambuco de empresas de grande porte, como a refinaria e o estaleiro, haverá a necessidade de contratação de muitos fornecedores e prestadores de serviços. Há a expectativa de que se instalem mais de 200 empresas na região até 2010, o que conseqüentemente acarretará uma intensa movimentação econômico-financeira no estado, sobretudo para empresas ligadas a engenharia. Por esta razão os empresários deste setor necessitam direcionar seus esforços para melhorar a qualidade de seus produtos, sem que haja aumento no custo de produção.

Este trabalho tem por finalidade a implantação da Reengenharia de Processos em uma empresa da região metropolitana do Recife que fabrica cilindros de baixa pressão (Extintores de Incêndio), com o objetivo inicial de: maximizar a produção; reduzir os índices de retrabalho e sucateamento para valores de 4% e 2 % respectivamente que corresponderá a metade dos valores praticados e redução do custo final na ordem de 10%. A importância desta redução visa tornar seus produtos mais competitivos no mercado regional (Pernambuco), uma vez, que há uma grande concorrência com fabricantes de outros estados que praticam tarifas de imposto de circulação de mercadorias e serviços (ICMS) menores que as aplicadas em nosso estado. A diferença de tarifa aplicada nos estados do Sul e Sudeste para trazer a mercadoria para o Nordeste é 10% .

Para que o Processo de Reengenharia fosse desenvolvido e implantado nessa empresa, tornou-se necessária a elaboração de um pré-projeto que foi apresentado à diretoria, com a descrição dos objetivos, a metodologia a ser aplicada e uma estimativa de custo inicial para a realização dos trabalhos de implantação. Após aprovação do desenvolvimento do projeto, os recursos foram liberados na ordem de vinte e cinco mil reais (R\$ 25.000,00), porém com a condição de que todo o projeto deveria ser desenvolvido paralelamente a fabricação, sem que houvesse interrupção do processo produtivo e que à medida que o trabalho fosse executado, os resultados apurados e as tecnologias que se mostrassem mais eficazes deveriam ser incorporadas ao processo, com o compromisso ser registrar os resultados por um período mínimo de 12 meses, havendo um acompanhamento contínuo.

#### 4. METODOLOGIA APLICADA NA REENGENHARIA

A metodologia a ser empregada foi desenvolvida levando-se em consideração a situação da empresa e utilizando-se de conhecimentos divulgados nos livros de Reengenharia (Coulson e Thomas, 1996; Cross, Feather e Lynch, 1994; Kock, 1995). Inicialmente, projetou-se a implantação do projeto paralelamente a fabricação, a empresa não podia interromper suas atividades, todas as mudanças foram realizadas em outro local e só depois de testado e aprovados é que seria implantado na linha de produção. O desenvolvimento dos trabalhos, foi dividido em fases que serão descritos nos capítulos posteriores. Para isto foi necessário:

1. Escolher o processo a ser reformulado. A questão básica era: "Por onde se vai começar?".
2. Escolher o grupo de RPE. A questão básica era: "Quem vai fazer o trabalho?"
3. Compreender o processo da forma como era praticado. A questão básica era: "Qual é a situação atual da empresa?"
4. Estabelecer como deve ser o processo. A questão básica era: "Onde se quer chegar?"
5. Determinar as medidas necessárias para reformular o processo. A questão básica era: "O que se precisa fazer?"
6. Executar um plano para colocar em prática as medidas necessárias. A questão básica era: "Como se vai fazer o que é preciso?"

Embora as fases acima tenham sido apresentadas de forma linear, um dos princípios básicos deste método é que deve ser adotada uma abordagem interativa. No diagrama da figura 4.1 a etapas são dispostas em um círculo e de forma ordenada no sentido horário de forma que as ligações entre as fases visam compreender o processo da forma como é praticado, e a próxima fase é estabelecer como deve ser o processo (estão ligadas por linhas pontilhadas para indicar que não se trata de uma progressão automática). As diferentes fases da metodologia são discutidas detalhadamente no decorrer do trabalho.

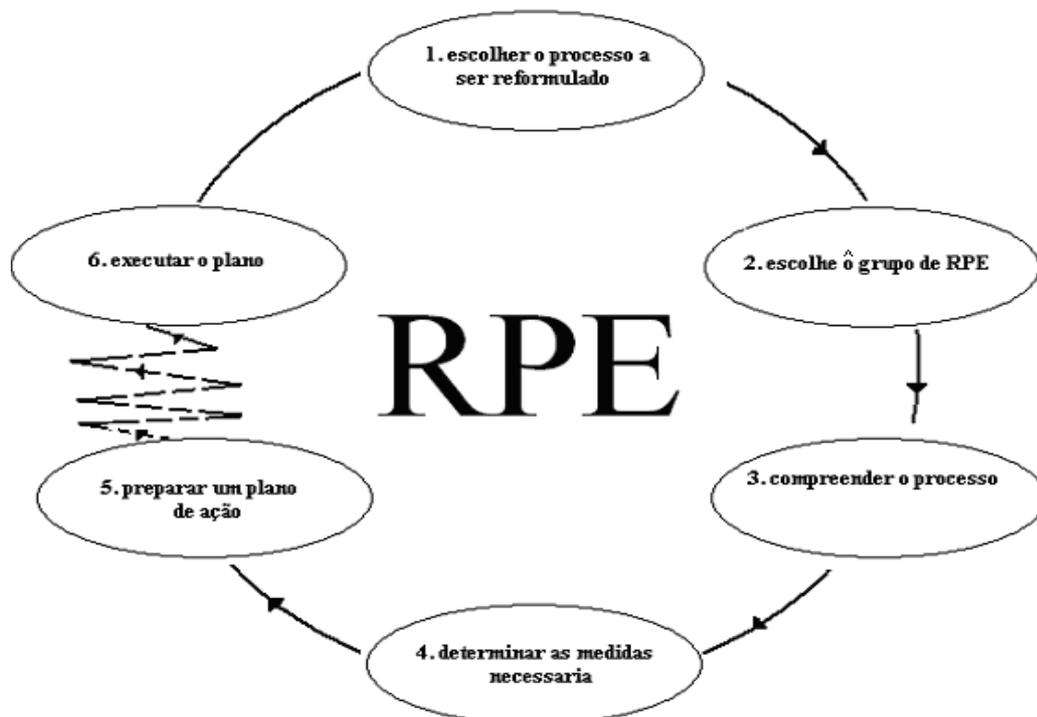


Figura 4.1 Metodologia para reengenharia dos processos empresariais

#### **4.1 Escolher o processo a ser reformulado**

A RPE exige uma visão global e uma abordagem integrada das atividades da empresa em lugar da estreita especialização departamental das estruturas convencionais. A pergunta a ser respondida era “Por onde se vai começar”. Pode haver vários processos necessitando de RPE. Entretanto, é necessário concentrar as atenções em um desses processos para assegurar que o projeto não se disperse em várias direções. Esta fase assegura que esta concentração ocorra logo de saída.

Entrevistas com membros da administração revelaram vários processos como possíveis candidatos a um programa de RPE. Neste estágio, foi decidido que a reengenharia de processos isolados era mais adequada que a reengenharia geral da empresa. Esta abordagem mais específica equivale a aceitar a estratégia global da empresa da forma como é praticada e tentar adaptar a ela os processos a serem reformulados. O processo escolhido para o programa de RPE foi o processo de fabricação de extintores, como será apresentado no capítulo V. O processo de fabricação tem várias etapas e a escolhida deverá ser aquela que apresenta maiores índices de retrabalho ou sucateamento e que apresente uma possibilidade de redução dos tempos operacionais.

#### **4.2 Escolher o grupo de RPE**

A pergunta a ser respondida era “Quem vai fazer o trabalho?”. O êxito do projeto de reengenharia depende da perfeita interação entre a tecnologia aplicada e cooperação das pessoas envolvidas. Nunca é demais destacar a importância do fator humano, em particular, a escolha do grupo de RPE que constitui um dos ingredientes essenciais. A mudança de processos representa um desafio às tradições mais básicas de uma empresa e, poderá exigir uma considerável transformação cultural.

Nesta etapa foi realizada uma reunião comandada pela diretoria juntamente com os funcionários do setor de fabricação de extintores para levantar as reclamações dos funcionários do setor de fabricação de extintores e posteriormente com a equipe de vendas, para sabermos quais as expectativas do cliente em relação aos nossos produtos. As principais queixas dos funcionários eram: excesso de fumaça no local e dores na vista ao final da jornada de trabalho. O cliente desejava que os extintores fossem de boa qualidade e mais baratos.

A diretoria montou uma equipe para a RPE, composta por um dos sócios e contratou quatro estagiários de mecânica para completar o grupo, que teria como objetivo principal estudar os processos e implementar as modificações necessárias.

#### **4.3 Compreender o processo da forma como é praticado**

Nesta fase, a pergunta a ser respondida era “Qual a situação atual da empresa?”. Analisou-se o processo da forma como era praticado, o que muitos autores consideram como um dos estágios mais importantes da RPE (Davenport, 1994). Estes questionamentos serão estudados nos capítulos posteriores:

Capítulo VI - Estudo dos processos escolhido para a Reengenharia.

#### **4.4 Determinar as mudanças necessárias.**

Depois de conhecer o processo foram escolhidos os sub-processos a serem submetidos à reengenharia, sendo necessário encontrar respostas para as seguintes perguntas:

Onde se quer chegar?

O que precisamos fazer?

Como vamos fazer?

O que é preciso?

As respostas para estas perguntas encontram-se no capítulo VII deste trabalho.

#### **4.5 Execução do plano.**

Esta é a etapa mais demorada do estudo. É neste ponto que os projetos são colocados em prática e muitas vezes torna-se necessário se implementar modificações no plano inicialmente traçado, tendo em vista que algumas vezes o resultado não é o esperado. O capítulo VIII apresenta o resultado deste estudo.

#### **4.6 Discussão dos resultados**

Nesta etapa serão comparados os índices antes e depois da reengenharia da empresa como um todo e o resultado estão apresentados no capítulo IX.

## 5. DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO DA EMPRESA ANTES DA REENGENHARIA

Neste capítulo será respondida a pergunta realizada no item 4.1 “Por onde se vai começar”, para tal, será apresentado um breve histórico da empresa; o posicionamento da empresa em relação aos concorrentes antes da implantação da reengenharia; a descrição do processo de fabricação do extintor e por fim o levantamento dos índices de produção.

### 5.1 Histórico

A empresa estudada surgiu na década de 80 e inicialmente dedicava-se a prestação de serviços e revenda de equipamentos de combate a incêndio. Ela está localizada no Recife, Pernambuco. Tendo um número reduzido de funcionários, foi aos poucos conquistando o mercado, buscando constantemente a expansão de seus negócios.

Em 1986 a empresa apostou em dois novos seguimentos.

- Recarga de extintor de incêndio, objetivando atender ao seguimento de manutenção e
- Fabricação de máquinas de teste hidrostático de alta e baixa pressão, para fornecer às empresas que necessitavam destes equipamentos.

No ano de 1992 deu-se início ao projeto de fabricação de manômetros, onde sua montagem era toda artesanal com tecnologia e máquinas desenvolvidas pela própria empresa. Sendo que, a fabricação do manômetro dependia do fornecimento do burdon (Tubo Tombak com diâmetro de 2mm e espessura de 0,11mm). A tecnologia de fabricação do tubo tombak estava com uma única empresa em São Paulo, a Tratec Indústria Ltda, que foi vendida e adquirida por outra empresa fabricante de manômetros e concorrente da empresa em estudo. Com a falta de matéria prima e sem condição financeira de se desenvolver este processo, foi encerrada as atividade de fabricação dos manômetros no final de 1998. Os funcionários que atuavam neste setor foram transferidos para outros setores da empresa. A tecnologia e os equipamentos continuam disponíveis na empresa, caso haja oportunidade de desenvolver a tecnologia de fabricação do burdon a fabrica pode ser reativada num futuro próximo.

No ano de 1996 se iniciou o projeto da fabricação do Pó Químico Seco (figura 5.1), que é o principal agente dos extintores e o mais comercializado no país. A fabricação foi realizada com equipamentos produzidos na própria empresa, com capacidade de produção de 200 kg por batelada. Após se desenvolver e aprovar a formulação foram realizados novos investimentos em equipamentos que possibilitaram produzir 1.000 kg por batelada, para atender também o cliente externo.



#### QUÍMICO SECO MARCA PREVENÇÃO

- Teor de Bicarbonato de Sódio 95%
- Capacidade Extintora 20B
- Eficiente para Classe Fogo BC
  - Fabricado Conforme NBR 9695
- Certificado de Conformidade No 205/2006
- Empresa Certificadora – Certa Qualidade

Figura 5.1 – Embalagem com Pó Químico Seco

Em 1998 a empresa em parceria com outra empresa fabricante de extintores (Metal Yanes) iniciou a montagem dos extintores, com os cilindros fabricados pela Yanes porém com a logo marca da empresa em estudo.

Em 1999 foi iniciada a busca da tecnologia necessária para a fabricação dos cilindros dos extintores de incêndio de baixa pressão já que haveria o risco da suspensão do fornecimento dos cilindros devido a um processo de venda da Yanes para uma multinacional e não havia segurança se a nova empresa iria respeitar os acordos firmados já que o contrato entre as partes era apenas verbal. Os principais motivos da busca desta nova tecnologia foram: a empresa já dominava a tecnologia de fabricação do pó químico e a da mangueira; o mercado se mostrava promissor e principalmente consumidor e não havia outro fabricante no Norte e Nordeste. Estes motivos aceleraram a decisão da empresa em estudo iniciar a produção dos cilindros com tecnologia própria, o que a tornaria pioneira no mercado, um passo a frente dos concorrentes, que até e então, compravam o extintor pronto das empresas situadas no Sul e Sudeste do Brasil, logo havia o mercado consumidor e principalmente o espírito empreendedor, só faltava os recursos e a tecnologia.

O grande problema estava na tecnologia de fabricação, pois não se dispunha de conhecimento nem equipamentos para realizar os processos de soldagem e de conformação e de instrumentos para realizar os ensaios normativos necessários para fabricação do cilindro, sem contar, com as dificuldades referentes ao processo de certificação dos extintores.

Foi iniciado o trabalho de pesquisa visitando-se alguns fabricantes, objetivando verificar as dificuldades e conhecer a forma como eram produzidos os cilindros. Como não havia os dispositivos de soldagem prontos para serem vendidos, teve-se que desenvolvê-los, bem como as ferramentas necessárias para os processos referentes à conformação das cúpulas e fundos. Foi utilizada muita criatividade para se conseguir fabricar os primeiros protótipos dos dispositivos de cada processo. Esta etapa consumiu aproximadamente dezoito meses de trabalho e após varias tentativas conseguiu-se fabricar os primeiros cilindros em abril de 2001, porém já em julho de 2001 foi necessário modificar o processo de soldagem, pois os cordões de solda apresentavam falhas visíveis a olho nu e sem uniformidade, o processo era lento e artesanal, a produção era baixa e o custo alto. A solução foi substituir a solda ao arco elétrico com eletrodo revestido, pelo processo de soldagem MAG que se mostrava mais rápido e eficiente. A figura 5.2 apresenta uma foto do cordão de solda tirada em abril de 2001.



Figura 5.2 – Detalhe do cordão de solda a arco elétrico com eletrodo revestido (abril, 2001).

Para a utilização do processo MAG foi necessário fazer modificações nos dispositivos de soldagem, uma vez que inicialmente foram projetados para outro processo (eletrodo revestido), estas modificações ficaram prontas em janeiro de 2002. Os novos dispositivos permitiram que a soldagem fosse realizada de forma mais rápida e com qualidade superior ao processo anteriormente utilizado (capítulo VI). Estes equipamentos eram os utilizados anteriormente aos trabalhos de reengenharia que iniciou em março de 2006.

O próximo passo seria a certificação e logo em seguida a produção em larga escala. Levou-se oito meses para se elaborar o manual de qualidade, os procedimentos e finalmente se receber a 1ª visita do órgão fiscalizador responsável pela certificação. A auditoria foi realizada e o auditor separou amostras por tipo de extintor, para realização dos ensaios normativos, que seriam executados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), já que é o único laboratório credenciado para estes ensaios. O resultado foi recebido seis meses depois, aprovando os produtos, o que automaticamente garantiria a certificação dos mesmos junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), que finalmente homologou a licença de fabricação (em 12 de agosto de 2003) através do Organismo de Certificação Det Norske Veritas (DNV), com o número 190/2003.

Com a expansão dos veículos movidos a gás natural e a obrigatoriedade da certificação para a requalificação dos cilindros a cada cinco anos, a empresa viu uma nova oportunidade de negócios neste seguimento que era se credenciar junto ao INMETRO para executar os testes destes cilindros. A empresa conseguiu esta certificação em 2004.

Como podemos perceber a empresa em estudo no decorrer dos anos procurou diversificar sua linha de produtos e serviços, para melhor atender a seu público alvo e hoje atende aos seguintes seguimentos:

- Fabricação – Cilindros de Baixa Pressão e Pó Químico Seco.
- Serviços – Manutenção em Extintores de Incêndio; Requalificação de Cilindros de Gás Natural Veicular (GNV); Testes em Cilindros de Aço sem Costura.
- Revenda – Materiais para Engenharia de Incêndio.

## **5.2 Posicionamento da Empresa em Relação aos Concorrentes**

Objetivando posicionar a empresa quanto a sua situação competitiva no mercado utilizaremos um estudo com base no ano de 2005 de janeiro a dezembro e utilizaremos a seguinte metodologia:

- 1º - Levantamento anual de sua produção;
- 2º - Levantamento do número de orçamentos;
- 3º - Levantamento financeiro por seguimento de mercado;
- 4º - Levantamento das empresas com mais de 30 funcionários.

Levantamento anual de sua produção. Os dados deste levantamento dizem respeito à produção por seguimento de produto ou serviço realizado, tomando por base o ano de 2005, onde a empresa em estudo atingiu os quantitativos conforme apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Levantamento da produção anual de janeiro a dezembro de 2005

| Produto ou Serviço                               | Quantidade             |
|--|------------------------|
| Fabricação de Extintores de Incêndio             | <i>10.036 Unidades</i> |
| Manutenção de Extintores                         | 29.946 Unidades        |
| Fabricação de Pó Químico Seco                    | 68 Toneladas           |
| Serviço de Teste em Cilindros de GNV             | 1.120 Unidades         |
| Serviço de Teste em Cilindros de Aço sem Costura | 70 Unidades            |

No departamento de vendas foi realizado um levantamento do número de orçamentos realizados no ano de 2005, procurando saber a conclusão dos orçamentos, para poder se ter uma informação sobre o número de negócios orçados e o realizado, podendo com esta informação se chegar à situação competitiva junto aos seus concorrentes. A tabela 5.2 apresenta o resultado da pesquisa e indica que a empresa está em uma posição de que 54% dos orçamentos elaborados foram efetivados.

Tabela 5.2 – Levantamento do número de orçamento referente ao ano 2005

| Janeiro a Dezembro de 2005 | Quantidade | Porcentagem |
|----------------------------|------------|-------------|
| Nos Orçamentos Elaborados  | 2.624      | ***         |
| Vendas Concretizadas       | 1.420      | 54,12%      |
| Sem definição              | 637        | 24,28%      |
| Perdidos                   | 567        | 21,61%      |

O levantamento financeiro, por seguimento de mercado, objetiva encontrar o seguimento de maior responsabilidade no faturamento anual da empresa. Estes dados foram coletados do banco de dados da empresa em estudo por seguimento: revendedores; construtoras; consumidor final (que abrange os condomínios e os clientes de balcão); seguimento de Gás Natural Veicular (composto por proprietários de veículos movidos a gás natural) e o setor industrial. A tabela 5.3 apresenta o percentual do faturamento por seguimento de mercado.

Tabela 5.3 - Levantamento financeiro por seguimento de mercado.

| Seguimento de Mercado | Porcentagem sobre o faturamento total (%) |
|-----------------------|---|
| Revendedor            | 14,06                                     |
| Construtora           | 21,66                                     |
| Consumidor final      | 44,60                                     |
| Cilindros GNV+teste   | 3,96                                      |
| Indústrias            | 15,72                                     |
| TOTAL                 | 100,00                                    |

Objetivando saber o numero de potenciais clientes (indústrias) na região foi realizado uma pesquisa junto a Federação das Indústrias de Pernambuco (FIEPE) com base em seu banco de dados referente ao ano de 2005, onde foram levantadas todas as indústrias com mais de 30 funcionários por acreditamos que estas sejam de médio ou grande porte, nosso publico alvo e depois chegado junto ao banco de dados da empresa em estudo quantas destas já pertenciam ao seu quadro de clientes A tabela 5.4 apresenta os dados deste levantamento e como podemos concluir a empresa em estudo possuía em 2005, 34% dos clientes em potencial.

Tabela 5.4 – Levantamento das indústrias de Pernambuco com mais de 30 funcionários

| <b>Localidades Levantadas</b> | <b>Clientes em Potencial</b> | <b>Clientes Atendidos</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Recife                        | 273                          | 125                       | 45,79                  |
| Paulista                      | 30                           | 9                         | 30,00                  |
| Paudalho                      | 15                           | 2                         | 13,33                  |
| Olinda                        | 37                           | 19                        | 51,35                  |
| Jaboatão dos Guararapes       | 61                           | 14                        | 22,95                  |
| Camaragibe                    | 9                            | 2                         | 22,22                  |
| Cabo Santo Agostinho          | 38                           | 15                        | 39,47                  |
| Ipojuca                       | 8                            | 4                         | 50,00                  |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>471</b>                   | <b>190</b>                | <b>34,39</b>           |

Diante do exposto é fácil concluir que a empresa em estudo detém aproximadamente 30% do mercado o que deixa ainda 70% deste mercado a ser explorado, um mercado em potencial e que tende a crescer com a expansão de SUAPE.

### **5.3 - Descrição do Processo de Fabricação do Extintor**

A empresa fabrica cinco tipos de cilindros de baixa pressão, que possuem certificação compulsória conforme normas da ABNT e as portarias do INMETRO. O processo consiste em várias etapas que se iniciam na emissão da ordem de produção até a entrega do extintor ao cliente. O cilindro é fabricado em chapa preta com teores de baixo carbono e basicamente é composto do gargalo, tampa, fundo e corpo unidos através do processo de solda (figura 5.3). A figura 5.4 apresenta uma foto batida em março de 2006, da fabrica de extintores de incêndio antes dos trabalhos de reengenharia, objetivando se poder no futuro verificar as modificações realizadas após a implantação da reengenharia.

**Componentes**

- A - Gargalo
- B - Tampa
- C - Corpo
- D - Fundo

**Cordões de Solda**

- X – Solda do Gargalo
- Y – Solda da Tampa
- Z – Solda Longitudinal
- W – Solda do Fundo

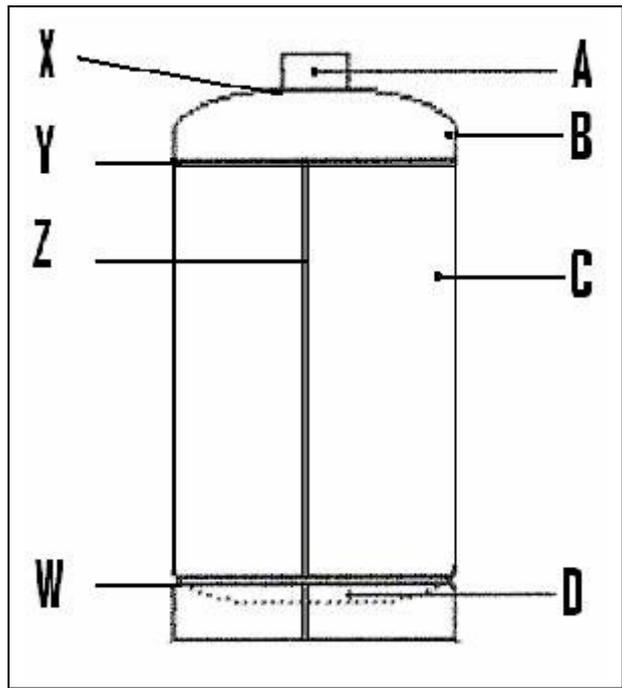


Figura 5.3 – Esquema do extintor de incêndio de baixa pressão



Figura 5.4 – Foto da fábrica de extintores – março de 2006

Para uma melhor visualização de todo o processo foi elaborado o fluxograma da fabricação do extintor de incêndio, (figura 5.5), como se pode perceber o mesmo é subdividido em vinte e seis etapas, das quais, cinco são exclusivamente de soldagem (Pontear; Solda Longitudinal; Solda de Tampa; Solda de Fundo e Solda de Gargalo).

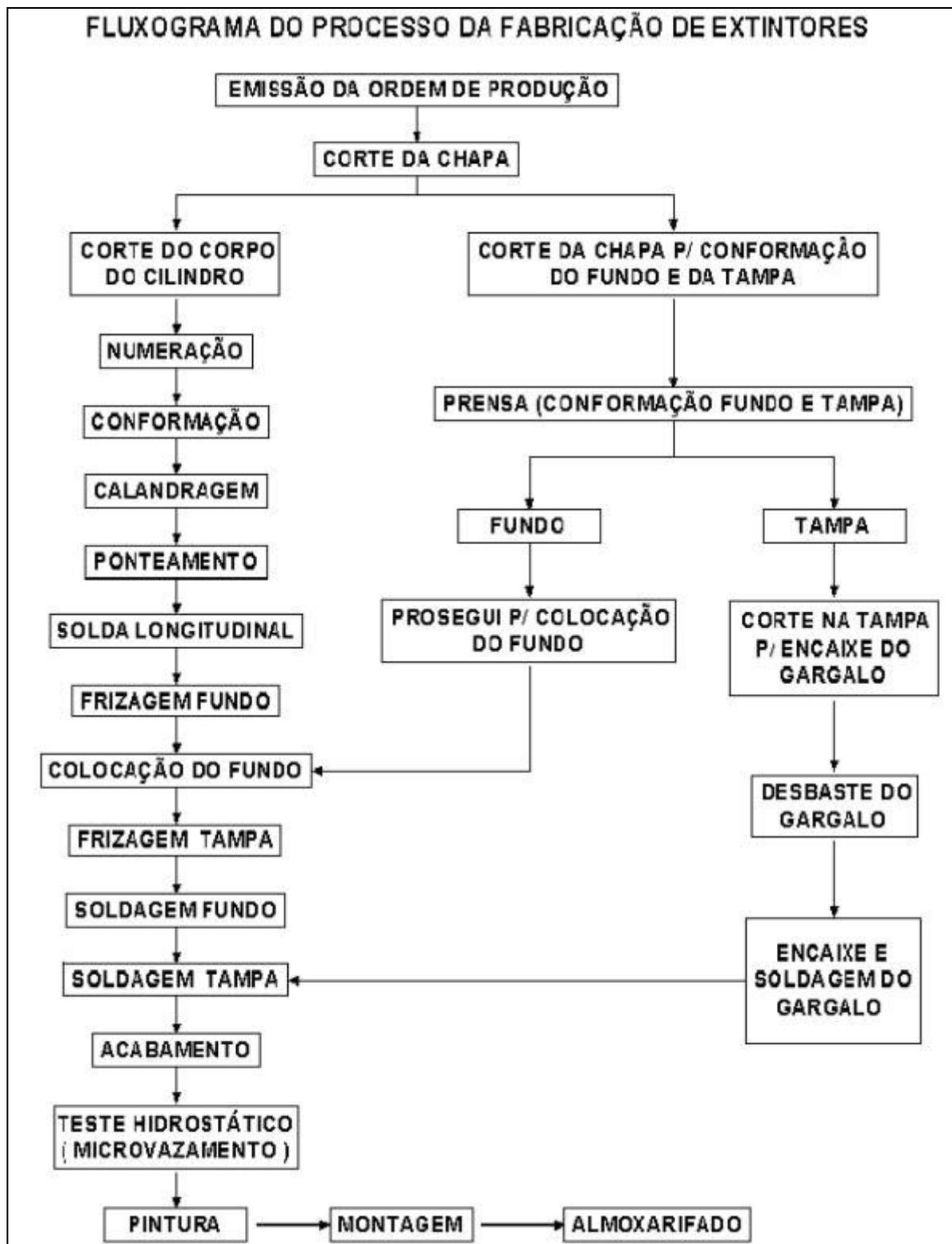


Figura 5.5 – Fluxograma do processo de fabricação de cilindros



**Corte da Chapa** – Nesta etapa a chapa é cortada nos tamanhos adequados para a confecção do corpo do cilindro, da tampa e do fundo.

**Conformação da Tampa e do Fundo** – As peças cortadas destinadas à confecção das tampas e fundos são conformadas em ferramentas de corte e repuxo, em uma prensa excêntrica de 85 toneladas ficando na forma desejada.

**Numeração e identificação da Chapa** – Nesta etapa a chapa recebe através de carimbo puncionador as seguintes informações.:

Norma de referência;

Ano de fabricação;

Logotipo do fabricante, do IMMETRO e do organismo de certificação;

Número de Série;

Número do Projeto.

**Conformação e Calandragem** – Neste processo a chapa passa pela calandra, tornando-se um cilindro.

**Ponteamento** – O cilindro é ponteadado em suas extremidades para evitar que durante a solda longitudinal o mesmo se abra na junta.

**Solda Longitudinal** – O cilindro é soldado de forma a se tornar um tubo com costura externa.

**Frisamento do Fundo** – O cilindro passa por uma máquina de frisar, para fazer uma retenção no corpo do cilindro onde é encaixado o fundo do cilindro.

**Colocação do Fundo** – O fundo é encaixado no local correto por meio de um dispositivo.

**Solda do Fundo** – Neste processo o fundo é fixado no cilindro através de um processo de soldagem.

**Frisamento da Tampa** – O cilindro passa por uma máquina de frisar para fazer uma retenção na borda do cilindro para encaixe da tampa.

**Confecção do Gargalo** – O gargalo é uma peça com rosca interna fabricada em um torno revólver.

**Fixação do Gargalo na Tampa** – A tampa recebe um furo no diâmetro do rebaixo do gargalo, e esta união é realizada através de um processo de soldagem.

**Solda da Tampa** - Neste processo a tampa com o gargalo é fixada no cilindro através de um processo de soldagem.

**Teste Hidrostático** – O Cilindro é testado com água com 1,5 vezes sua pressão de trabalho, objetivando verificar sua resistência.

**Teste de Microvazamento** – Este ensaio tem como objetivo verificar possíveis defeitos no extintor como um todo. O teste consiste em encher o cilindro com fluido (ar) ate atingir a pressão de trabalho. Logo em seguida o mesmo é submerso em uma cuba com água para verificar a existência de falhas no cordão de solda (o fluido utilizado e ar comprimido numa pressão de 1,03 Mpa)

**Processo de Pintura** – O cilindro passa por um processo de retirar o óleo e a sujeira proveniente do processo, depois recebe uma camada de fosfato, para ser realizada a pintura. O processo utilizado é o eletrostático.

**Enchimento** – Neste processo o cilindro recebe: o agente extintor, o conjunto válvula manômetro e sifão e é pressurizado com nitrogênio até atingir sua pressão de trabalho.

**Acabamento** – Onde o extintor, recebe rótulo, mangueira e o selo do INMETRO, estando o mesmo pronto para ser comercializado conforme figura 5.7.



Figura 5.7 – Extintores fabricados pela empresa em estudo

### 5.3.1 Levantamento dos Índices de Produção

Foi levantado os índices de produção, retrabalho e sucateamento, consideramos o período de janeiro a dezembro de 2005. Para tal, contamos com o banco de dados existente na empresa em estudo e obtivemos os seguintes resultados:

|  |                      |
|--|----------------------|
| Quantidade Total de Cilindros Produzidos | - 10.036 peças       |
| Quantidade Total de Retrabalho           | - 989 peças - 9,85 % |
| Quantidade Total de Sucateamento         | - 538 peças - 5,36 % |

Neste estudo foi necessário se levantar também os dados por processo, no mesmo período, para uma melhor avaliação dos mesmos. Como os dados não estavam prontos, foi necessário levantar-los através das ordens de produção e se chegar aos números apresentados na tabela 5.5. Este levantamento mostrou que os processos que mais contribuíam para os índices de sucateamento e retrabalho eram os processos de solda longitudinal e da solda de tampa (Solda de Cúpula). A figura 5.8 apresenta os dados da tabela 5.5 referente ao retrabalho e a figura 5.9 apresenta dos dados da tabela 5.5 referente ao sucateamento.

Tabela 5.5 – Levantamento do sucateamento e do retrabalho por processo (ano de 2005)

| Processo            | Quant. de Retrabalho | Quant. de Sucateamento |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| Corte               | 0                    | 0                      |
| Puncionamento       | 0                    | 0                      |
| Conformação         | 0                    | 0                      |
| Calandragem         | 0                    | 0                      |
| Pontiamento         | 6                    | 0                      |
| Solda longitudinal  | 408                  | 152                    |
| Frisamento do fundo | 3                    | 3                      |
| Frisamento da tampa | 0                    | 0                      |
| Solda do fundo      | 159                  | 89                     |
| Solda do gargalo    | 15                   | 26                     |
| Solda da tampa      | 398                  | 268                    |
| <b>TOTAL</b>        | <b>989</b>           | <b>538</b>             |

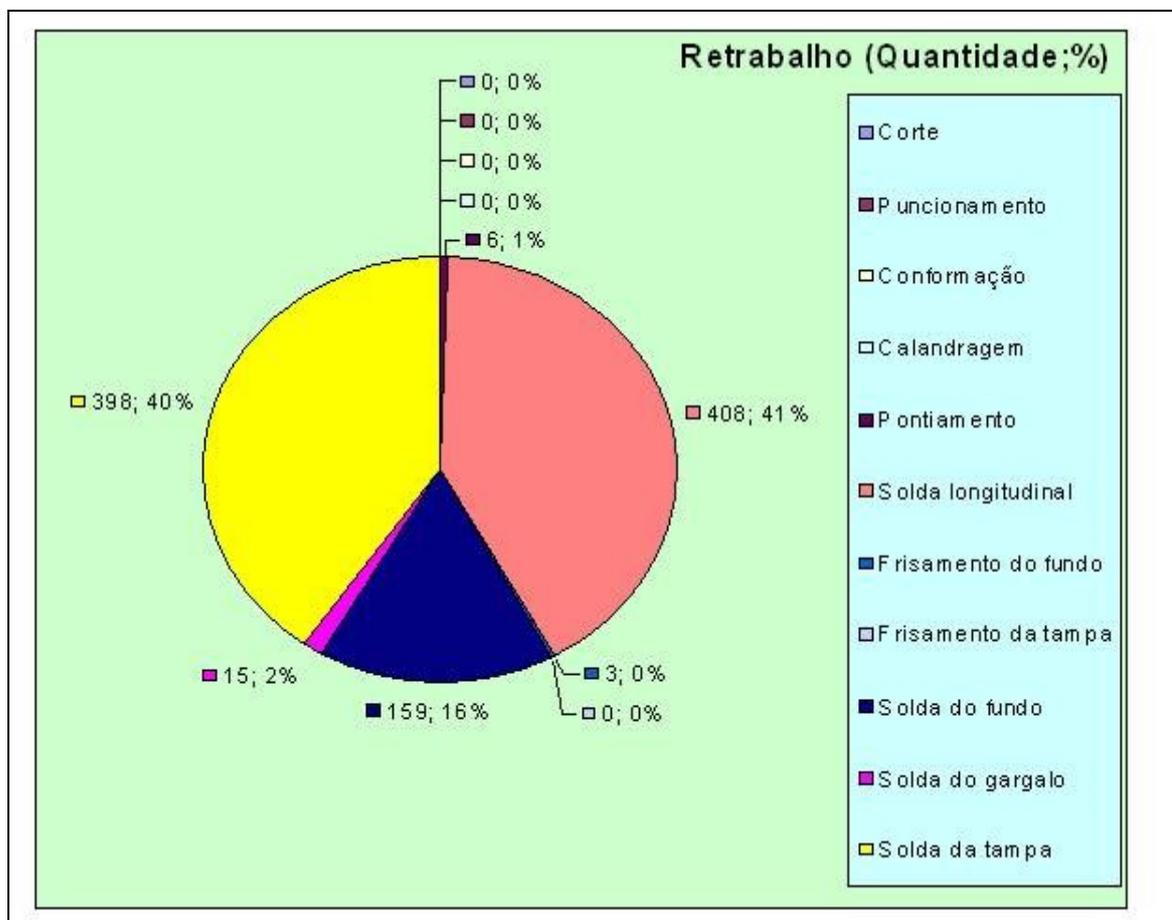


Figura 5.8 – Retrabalho das etapas de produção do extintor de incêndio ano 2005

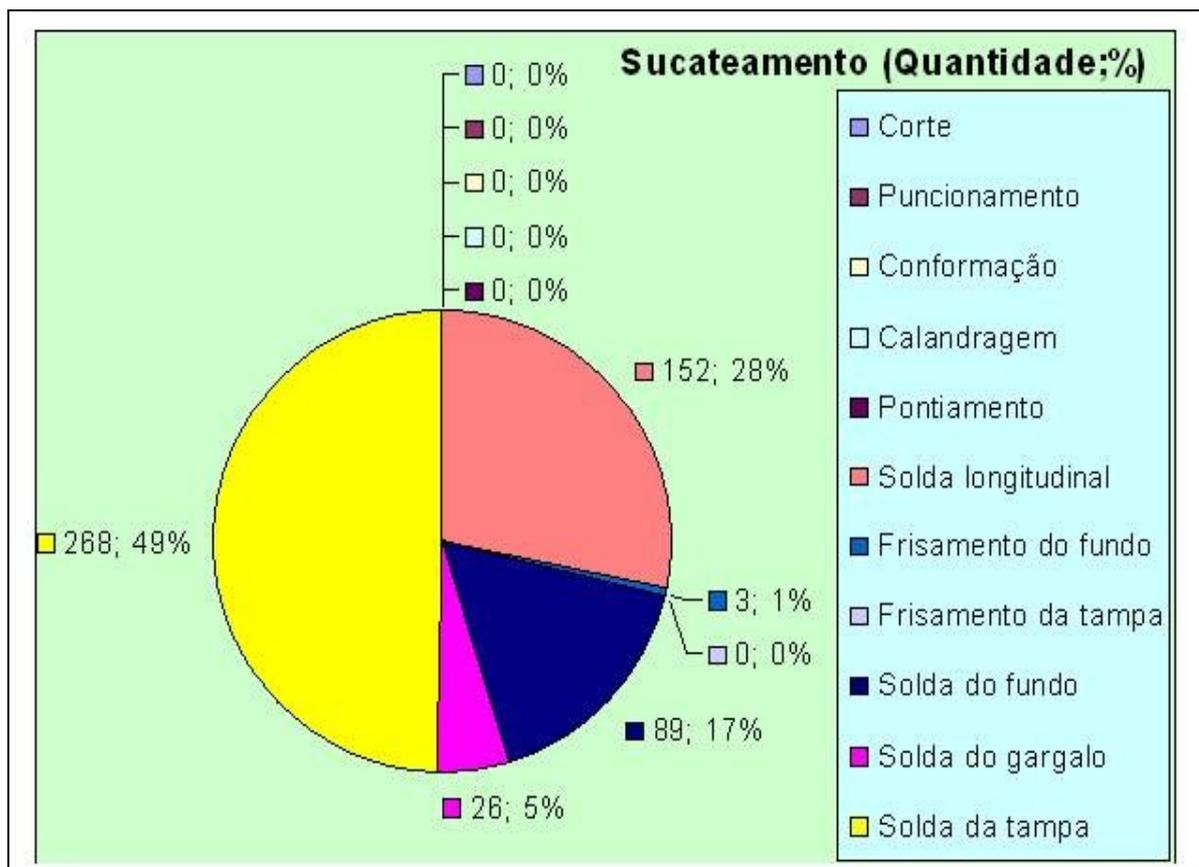


Figura 5.9 – Sucateamento das etapas de produção do extintor de incêndio ano 2005

### 5.3.2 Levantamento do Tempo das Etapas de Fabricação

Ao iniciar o estudo, foi encontrado um obstáculo, pois, não havia dados para este trabalho. A equipe foi reunida e solicitamos a coleta dos dados, para podermos continuar os estudos. Propomos a seguinte metodologia para este levantamento. Produzir 50 peças por tipo de cilindro (P4; P6; P8; P12 ), e iniciar o processo de fabricação cronometrando o tempo de fabricação das 50 peças e dividindo este tempo por 50 será obtido o tempo de produção por cada etapa conforme apresentado na tabela 5.6. A figura 5.10 apresenta estes tempos em forma de gráfico com suas respectivas porcentagem em relação ao tempo total para a produção do cilindro de P6 que será o objeto deste estudo tendo em vista que o mesmo possui tamanho intermediário entre o P4 e o P12. Pode-se concluir que 29% do tempo total de produção estão nas etapas de solda longitudinal e solda de tampa. O item 5.4 descreve como era realizado a solda longitudinal antes da reengenharia, o item 5.5 apresenta o processo de solda de tampa e o item 5.6 descreve os ensaios normativos, bem como o resultados destes.

Tabela 5.6 – Levantamento dos tempos de cada etapa de fabricação

| Tempo dos Processos      | Cilindro de P4 (seg./peça) | Cilindro de P6 (seg./peça) | Cilindro de P8 (seg./peça) | Cilindro de P12 (seg./peça) |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Corte da chapa           | 36,6                       | 32                         | 36                         | 37                          |
| Estampagem numeração     | 17,2                       | 19                         | 23                         | 23                          |
| Estampagem               | 16                         | 19                         | 26                         | 27                          |
| Conformação              | 27                         | 29                         | 32                         | 33                          |
| Calandragem              | 54,4                       | 64                         | 70                         | 72                          |
| Pontiamento              | 33,8                       | 45                         | 48                         | 47                          |
| Solda longitudinal       | 119,1                      | 136                        | 170                        | 236                         |
| Frisagem do fundo        | 67                         | 70                         | 78                         | 78                          |
| Fundo                    | 37,4                       | 49                         | 59                         | 77                          |
| Frisagem da tampa        | 67,4                       | 79                         | 80                         | 78                          |
| Solda do fundo           | 45                         | 50                         | 52                         | 53                          |
| Solda da tampa           | 94,5                       | 96                         | 160                        | 190                         |
| Solda do gargalo         | 36                         | 36                         | 37                         | 37                          |
| Corte da tampa           | 31,2                       | 32                         | 33                         | 34                          |
| Microvazamento           | 57,4                       | 68                         | 73,1                       | 73                          |
| <b>Tempo Total (seg)</b> | <b>740</b>                 | <b>824</b>                 | <b>977</b>                 | <b>1095</b>                 |
| <b>Tempo Total (min)</b> | <b>12</b>                  | <b>14</b>                  | <b>16</b>                  | <b>18</b>                   |

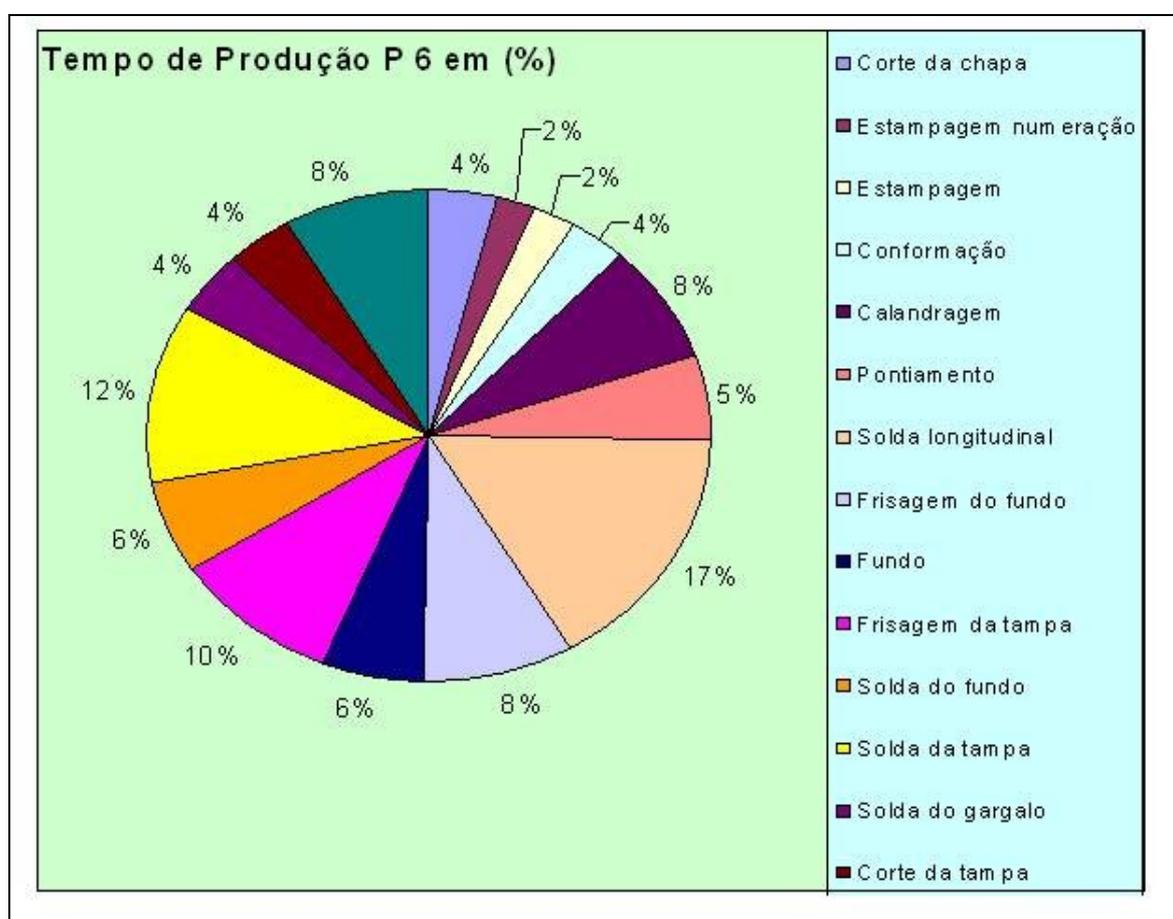


Figura 5.10 – Tempos das etapas de fabricação do P6 em porcentagem

### **5.3.3 A Escolha dos Processos Indicados para a Reengenharia**

Os dois sub-processos mais indicados para se aplicada as técnicas de reengenharia são: os de solda longitudinal e de solda da tampa, pois, eles são responsável por 81% do retrabalho total da fabricação de extintores e de 77% dos índices totais de sucateamento, conforme apresentado no gráfico da figura 5.8 e 5.9. Quanto ao tempo de produção, estes representam 29% do tempo total de fabricação. Sendo que a modificação dos mesmos, representara um ganho significativo na produção, tornando-os os mais indicados pra o trabalho de reengenharia.

## 6. ESTUDO DOS PROCESSOS ESCOLHIDOS PARA A REENGENHARIA

No capítulo anterior foi realizado um histórico da empresa em estudo e dos processos de fabricação dos extintores e escolhido os processos mais indicados para serem aplicados as técnicas de reengenharia (Solda longitudinal e Solda da tampa). Neste capítulo os processos escolhidos serão estudado de forma mais detalhada, objetivando compreender o processo da forma como era praticado, respondendo a pergunta do item 4.3.

### 6.1 Processo de Solda Longitudinal

Todo o processo de soldagem era realizado utilizando-se o processo tipo MAG, com o auxílio de um dispositivo (figura 6.1) que foi desenvolvido na própria empresa, para facilitar este processo. A figura 6.2 apresenta esquematicamente como funciona o dispositivo

O processo era executado de acordo com o apresentado na tabela 6.1, onde o operador necessitava estar com sua atenção voltada para o dispositivo, não havendo liberdade para que o mesmo se afaste em momento algum. O processo iniciava no momento em que a peça era posicionada no dispositivo e o motor ligado. Quando a pistola chegava ao início da peça, a solda era ligada e desligada ao término da peça. Feito isso o motor recebia um comando para reverter e voltar a pistola para o ponto de início da peça. O motor então era desligado e a peça retirada. O fluxograma da figura 6.3 resume visualmente todas as etapas do processo.

Como a empresa em estudo não continha todos os dados necessários ao estudo, foi produzido um lotes com 30 peças para cada tipo de cilindro e utilizando equipamentos como: alicate amperímetro; cronômetro; régua graduada e um paquímetro (certificados de calibração em anexo) os valores encontrados como: tensão; corrente; velocidade do arame; vazão do gás de proteção e o tempo de soldagem efetiva, estes dado foram registrados e a tabela 6.2 apresenta o resultado deste levantamento. Para o calculo da quantidade de arame utilizado na soldagem foi pesado ma peça antes e após a solda a diferença no peso representa o peso do arame (resultado em gramas). A tabela 6.3 apresenta a velocidade de avanço que foi calculada dividindo-se o comprimento do cordão de solda em milímetros pelo tempo efetivo de soldagem (do momento da abertura do arco ate o fechamento do mesmo).



Pistola Soldagem

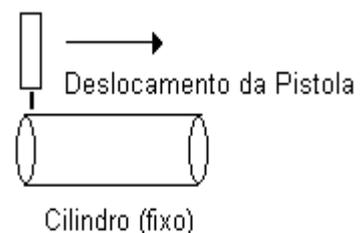


Figura 6.1 – Foto da máquina de solda longitudinal 6.2 – Esquema de Funcionamento

Tabela 6.1 - Etapas do processo de solda longitudinal

| <b>Operação Realizada</b>                         | <b>Forma que é Realizado</b> |
|---|------------------------------|
| Colocar a peça a ser soldada                      | <b>Manual</b>                |
| Alinhar a Peça                                    | <b>Manual</b>                |
| Prender a Peça (fixador)                          | <b>Manual</b>                |
| Iniciar a rotação do motor                        | <b>Manual</b>                |
| Iniciar a soldagem                                | <b>Manual</b>                |
| Executar a soldagem em todo o comprimento da peça | <b>Automático</b>            |
| Desligar o processo de Soldagem                   | <b>Manual</b>                |
| Reverter o Motor                                  | <b>Manual</b>                |
| Desligar o Motor                                  | <b>Manual</b>                |
| Retirar a Peça                                    | <b>Manual</b>                |
| Inspecionar                                       | <b>Manual</b>                |

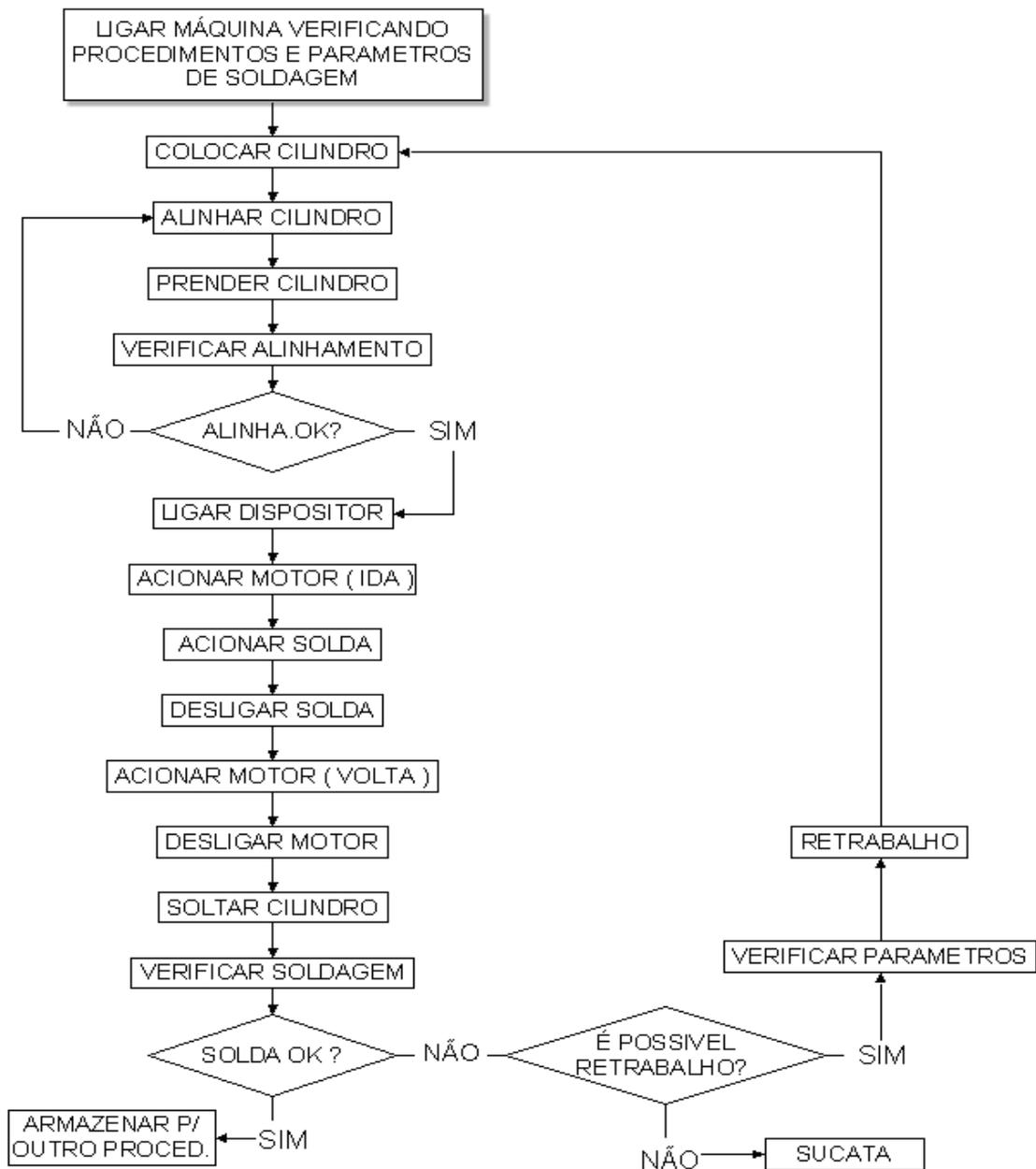


Figura 6.3 - Fluxograma do processo de solda longitudinal

Tabela 6.2 – Parâmetros de soldagem da solda longitudinal

| Processo           | Tensão<br>(V)  | Corrente<br>(A) | Velocidade<br>do Arame<br>(m/min) | Vazão do gás<br>(l/min) |
|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Solda longitudinal | 17<br>a<br>18  | 58<br>a<br>62   | 4                                 | 26                      |
|                    | Valores Medios | 17,5            |                                   |                         |

Tabela 6.3 – Levantamento do tempo total de soldagem por tipo de cilindro

| Tipo de Cilindro                | Comprimento de<br>Soldagem (CS)<br>(mm) | Tempo Total de<br>Soldagem (TS)<br>(segundo) | Velocidade de<br>Avanço (v)<br>$v=CS/TS$<br>(mm/s) | Total do Arame<br>Utilizado (TA)<br>(gramas) |
|---------------------------------|---|--|--|--|
| Cilindro Pó 4 kg<br>(P4)        | 330                                     | 66   | 5  | 59,00  |
| Cilindro Pó 6 kg<br>(P6)        | 430                                     | 86   | 5  | 82,00  |
| Cilindro Pó 8 kg<br>(P8)        | 400                                     | 80   | 5  | 72,00  |
| Cilindro Pó 12 kg<br>(P12)      | 540                                     | 108  | 5  | 98,00  |
| Cilindro de Água 10<br>l (AP10) | 540                                     | 108  | 5  | 98,00  |

Com os dados obtidos nas tabelas 6.2 e 6.3 foi calculada a energia de soldagem (equação 1 apresentada no item 2.2.2). A tabela 6.4 apresenta o resumo dos parâmetros verificados e os calculados. Pode-se concluir, por exemplo, que a energia antes variava de 153,82 a 174,10 J/mm e o gasto com arame para produzir um cilindro de P 6 era de 82 gramas por peça.

Tabela 6.4 – Tabela com os parâmetros de soldagem (Solda Longitudinal)

| Processo              | Tensão<br>(V)  | Corrente<br>(A) | Velocidade<br>e do<br>Arame<br>(m/min) | Vazão do<br>gás<br>(l/min) | Arame<br>utilizado<br>(g)<br>(1 peça) | Velocidade<br>de Avanço<br>(mm/s) | Energia de<br>Soldagem<br>$E$<br>$= (0,78 \cdot V \cdot I) / v$<br>(joule/milímetro) |
|-----------------------|----------------|-----------------|--|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Solda<br>longitudinal | 17<br>a<br>18  | 58<br>a<br>62   | 4                                      | 26                         | 82,00                                 | 5                                 | 153,82<br>a<br>174,10  |
|                       | Valor<br>Médio | 17,50           |  |                            |                                       |                                   | 60   |

Utilizando-se o paquímetro medimos a distância entre margem da solda que variou de 2,4 a 3 mm e o reforço da fase da solda apresentou uma variação de 0,9 a 1,2 mm. O processo trabalhava com polaridade reversa (CC+). O arame utilizado é o AWS A5.18 ER 70S-6 do fabricante ESAB com diâmetro de 0,80 mm sem revestimento superficial. Projetado para possibilitar uma soldagem com maior taxa de deposição, arco mais estável e uma menor quantidade de respingo, proporcionando melhor aparência do cordão de solda, muito utilizados em aço com resistência até 5,30 MPa e o gás de proteção uma mistura (Ar/20) que contém 80% de Argônio e 20% de CO<sub>2</sub>.

Havia sido elaborado um procedimento em janeiro de 2002 para o processo, porém como podemos verificar na figura 6.4, o procedimento falha, pois não apresenta os parâmetros de soldagem, ele apenas apresenta regulagem para uma máquina específica. Esta regulagem específica a tensão e a corrente por número posto nos botões de regulagem, não indica valores mensuráveis que possibilite uma verificação através de instrumentos de medições e o ajuste é realizado pelo próprio operador, utilizando-se da sua experiência, o que resulta em produções com parâmetros muito diferentes provocando índices de retrabalho e sucateamento diferente de operador para operador e quando há necessidade de trocar a máquina de solda, os valores encontrados de um equipamento para outro são também diferentes dependendo da potência de cada máquina o que provoca um aumento dos defeitos até que o operador consiga regular o equipamento, sem contar que a variação dos parâmetros de soldagem contribui diretamente para a qualidade final do cordão de solda, principalmente para os ensaios de ruptura do cilindro, devido ao comprometimento e aporte térmico causado pelo processo de soldagem, o que compromete a zona afetada termicamente (ZAT).

|   |                  |                                 |   |
|---|------------------|---------------------------------|---|
| <b>P</b>  | <b>PREVENÇÃO</b> | <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL</b> | <b>PROCEDIMENTO No.: IIX 748</b>  |
|   |                  |                                 | <b>ELABORADO EM: 10/01/2002</b>   |
| <b>NOME DA TAREFA:</b> Solda Longitudinal   |                  |                                 | <b>APROVADO EM: 10/01/2002</b>  |
| <b>RESPONSÁVEL:</b> Auxiliar de Produção  |                  |                                 | <b>No. DA REVISÃO: 00</b>   |
| <b>MATERIAL NECESSÁRIO</b>  |                  |                                 |    |
| <b>DESCRIÇÃO</b>  | <b>QUANT.</b>    |                                 |   |
| Chapa calandrada  |                  |                                 |   |
| Solda Mig   |                  |                                 |   |
| Arame para solda 0,8 ou 0,9 mm  |                  |                                 |   |
| Dispositivo de Solda Longitudinal   |                  |                                 |   |
| Alicate de Corte  |                  |                                 |   |
| <b>ATIVIDADES CRÍTICAS</b>  |                  |                                 |   |
| * Colocar a chapa calandrada e pontiada no dispositivo  |                  |                                 |   |
| * Verificar a regulagem da Máquina - ESAB 250 E - Amperagem $6 \pm 1$ Velocidade do Arame $4 \pm 1$ (para arame 0,9)                            |                  |                                 |   |
| * Verificar a regulagem da Máquina - ESAB 250 E - Amperagem $8 \pm 1$ Velocidade do Arame $9 \pm 1$ (para arame 0,8)                            |                  |                                 |   |
| * Verificar a regulagem do Dispositivo de Solda Longitudinal $90 \pm 10$  |                  |                                 |   |
| * Alinhar a pistola de solda com o encontro das chapas  |                  |                                 |   |
| * Prender o suporte fixador do dispositivo de solda longitudinal  |                  |                                 |   |
| * Iniciar a soldagem  |                  |                                 |   |
| * Conformar o tubo, utilizando a marreta, para retirar imperfeições.  |                  |                                 |   |
| * Caso o operador altere a regulagem, esta deve ser registrada na Ordem de Produção.  |                  |                                 |   |
| <b>MANUSEIO DO MATERIAL</b>   |                  |                                 |   |
| * O material só deve ser manuseado estando o operador de posse de todos os EPI's (Avental, Luvas e Máscara para solda com lentes escuras No 12) |                  |                                 |   |
|   |                  |                                 |   |
|   |                  |                                 |   |
| <b>RESULTADOS ESPERADOS</b>   |                  |                                 |   |
| * A chapa conformada se transforma em um tubo com costura   |                  |                                 |  |
| * A solda Longitudinal deve ter boa penetração para evitar vazamentos   |                  |                                 |   |
|   |                  |                                 |   |
|   |                  |                                 |   |
| <b>AÇÕES CORRETIVAS</b>   |                  |                                 |   |
| * Caso haja imperfeições no cordão de solda o operador deve interromper o processo e chamar o chefe do setor para ajustes.                      |                  |                                 |   |
| * Panes elétricos a maq. Deve ser desligada; chama-se a equipe de manutenção para averiguação e liberação                                       |                  |                                 |   |
|   |                  |                                 |   |
| <b>ELABORAÇÃO</b>   |                  | <b>APROVAÇÃO</b>                |   |
| Sérgio Neves Filho  |                  | Sabrina Cunha                   |   |

Figura 6.4 – Procedimento de fabricação do processo de solda longitudinal

## 6.2 Processo de Solda da Tampa

Todo o processo de soldagem da tampa também era realizado, utilizando-se o processo de soldagem tipo MAG com o auxílio de um dispositivo fabricado na própria empresa para facilitar o processo de soldagem. A figura 6.5 apresenta uma foto do dispositivo antes utilizado e a figura 6.6 apresenta o esquema de funcionamento do dispositivo.

O processo era executado de acordo com o apresentado na tabela 6.5. Neste processo também ocorriam os mesmos problemas como: processo totalmente dependente do operador; procedimento mal elaborado e falta de padronização no processo.

O processo de solda de tampa iniciava no momento em que a peça era posicionada no dispositivo, a pistola presa e alinhada na junta, ligava-se a pistola de solda para iniciar a deposição e quando o operador notava a formação da poça de fusão, o mesmo acionava a rotação do motor ate que se houve um transpasse de 20 a 30 mm do inicio da soldagem, quando então, tanto o motor como o equipamento da solda era interrompida, a peça era retirada, para uma nova peça todo o processo era repetido. O fluxograma da figura 6.7 apresenta um resumo de todo o processo.

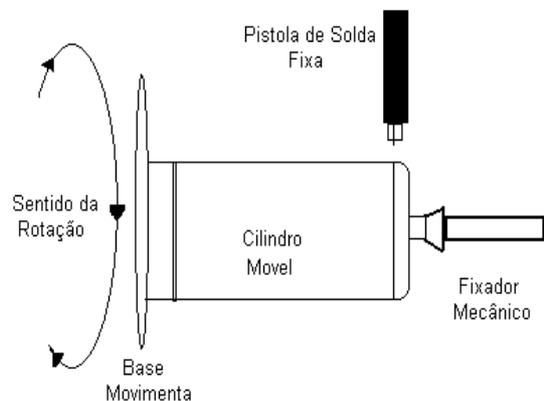


Figura 6.5 - Foto do dispositivo de solda de tampa    Figura 6.6 - Esquema de funcionamento

Tabela 6.5 – Etapas do processo de solda de tampa

| <b>Operação Realizada</b>                         | <b>Forma que é Realizado</b> |
|---|------------------------------|
| Colocar a peça a ser soldada                      | <b>Manual</b>                |
| Prende a peça                                     | <b>Manual</b>                |
| Aproxima a pistola de soldagem                    | <b>Manual</b>                |
| Alinha  | <b>Manual</b>                |
| Inicia a solda                                    | <b>Manual</b>                |
| Inicia a rotação do motor                         | <b>Manual</b>                |
| Executa a soldagem em todo o contorno do cilindro | <b>Automático</b>            |
| Desliga o processo de soldagem                    | <b>Manual</b>                |
| Desliga o motor                                   | <b>Manual</b>                |
| Libera a pistola de soldagem                      | <b>Manual</b>                |
| Solta a peça                                      | <b>Manual</b>                |
| Retira a peça                                     | <b>Manual</b>                |
| Inspeciona  | <b>Manual</b>                |

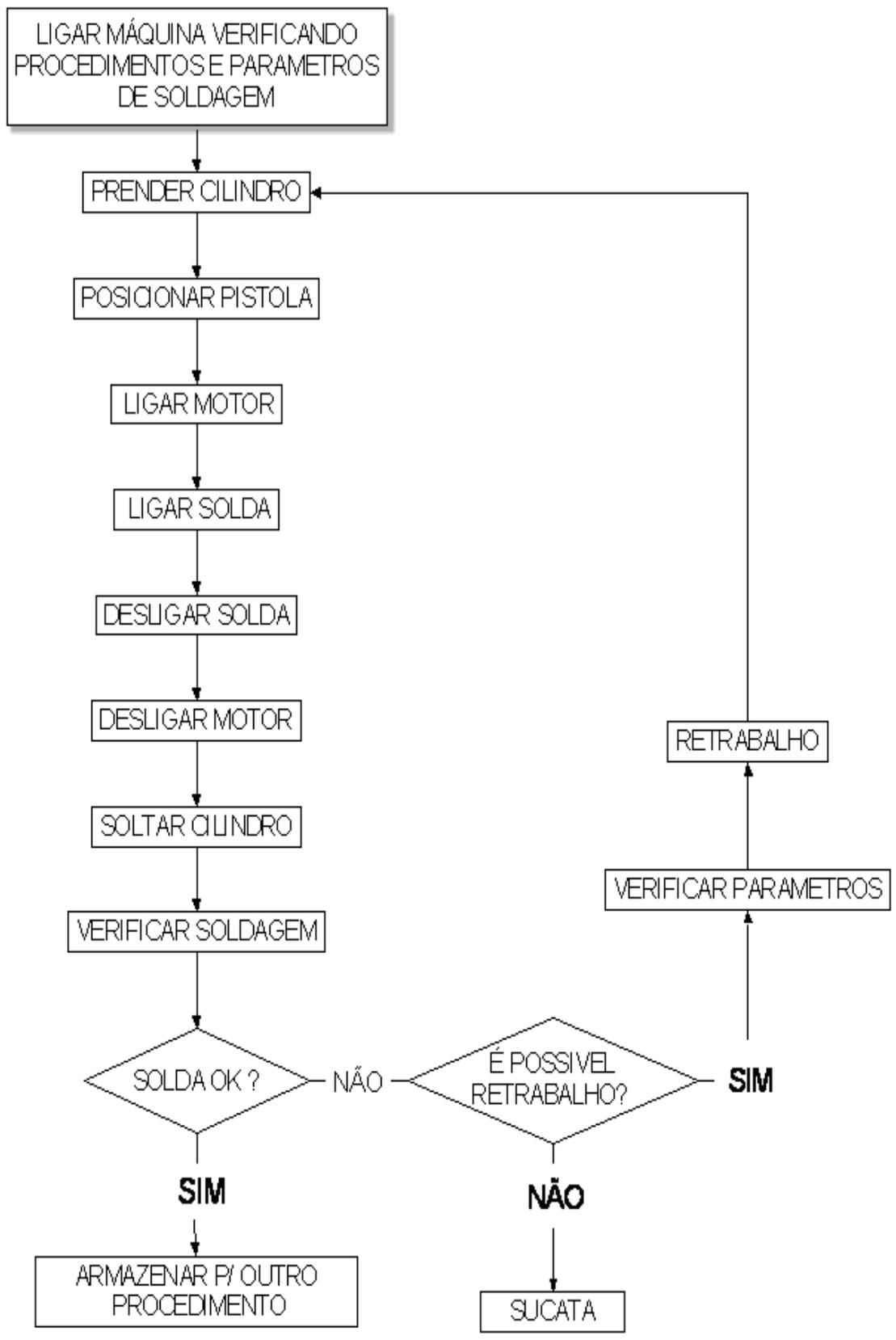


Figura 6.7 – Fluxograma do processo da solda de tampa

As tabelas 6.6 e 6.7 foram calculadas com a mesma metodologia que foi utilizado no item 5.1. O tempo total deste processo (do momento da abertura do arco até o término da mesma) independe do tipo de cilindro, porém neste processo há uma sobreposição de soldagem de 30 mm, para evitar os problemas ocasionados pela abertura e fechamento do arco. O tempo total do processo de soldagem é de 66 segundos.

Tabela 6.6 – Parâmetros de soldagem

| Processo       | Tensão<br>(V) | Corrente<br>(A) | Velocidade<br>do Arame<br>(m/min) | Vazão do gás<br>(l/min) |
|----------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Solda da Tampa | 18<br>a       | 68<br>a         | 6                                 | 26                      |
|                | 20            | 73              |                                   |                         |
| Valor Médio    | 19            | 70,50           | 6                                 | 26                      |

Com os dados obtidos na tabela 6.6 e com o tempo de soldagem, pode-se montar a tabela 6.7 que apresenta um resumo dos parâmetros de soldagem da solda da tampa com o cálculo da energia de soldagem e da velocidade de avanço. É possível concluir, por exemplo, que para se fabricar um cilindro de P 6, a solda de tampa utiliza 62 gramas de arame com a energia de soldagem variando de 159,12 a 189,80 J/mm e a velocidade de avanço fixa em 6 mm/s. A tabela 6.7 apresenta o resultado deste trabalho de coleta de dados.

Tabela 6.7 – Tabela com o calculo da energia de soldagem

| Processo          | Tensão<br>(V) | Corrente<br>(A) | Velocidade<br>do Arame<br>(m/min) | Vazão do<br>gás<br>(l/min) | Arame<br>utilizado por<br>peças<br>(g) | Velocidade<br>de Avanço<br>(mm/s) | Energia de<br>Soldagem<br>E<br>= $(0,78 \cdot V \cdot I) / v$<br>(joule/milímet<br>ro) |
|-------------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|--|
| Solda da<br>Tampa | 18<br>a       | 68<br>a         | 6                                 | 26                         | 62                                     | 6                                 | 159,12<br>a  |
|                   | 20            | 73              |                                   |                            |  |                                   | 189,80   |
| Valor Médio       | 19            | 70,5            | ***                               | ***                        | ***                                    | ***                               | 174,46   |

Com o auxílio do paquímetro obteve-se que as distância entre as margem da solda variou de 8 a 12 mm e o reforço da fase da solda apresentou uma variação de 0,2 a 1, mm.

O processo trabalhava com os mesmos consumíveis apresentados na solda longitudinal (item 6.1). Havia também um procedimento elaborado em 2002 conforme apresentado na figura 6.8.

|  |                  |  |                                  |
|--|------------------|--|----------------------------------|
| <b>P</b>   | <b>PREVENÇÃO</b> | <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL</b>  | <b>PROCEDIMENTO No.: IIX 754</b> |
|  |                  |  | <b>ELABORADO EM: 10/01/2002</b>  |
| <b>NOME DA TAREFA: Solda da Tampa</b>  |                  |  | <b>APROVADO EM: 10/01/2002</b>   |
| <b>RESPONSÁVEL: Auxiliar de Produção</b>   |                  |  | <b>No. DA REVISÃO: 00</b>        |
| <b>MATERIAL NECESSÁRIO</b>   |                  |  |                                  |
| <b>DESCRIÇÃO</b>   | <b>QUANT.</b>    |  |                                  |
| Soda Mig   |                  |  |                                  |
| Arame para Solda 0,9 mm  |                  |  |                                  |
| Dispositivo do Fundo   |                  |  |                                  |
| Alicate de corte   |                  |  |                                  |
| <b>ATIVIDADES CRÍTICAS</b>   |                  |  |                                  |
| * Colocar o cilindro no dispositivo  |                  |  |                                  |
| * Verificar a regulagem da Máquina - WHITH - Amperagem $7 \pm 1$ Velocidade do Arame $30 \pm 10$   |                  |  |                                  |
| * Verificar a regulagem da velocidade do Dispositivo de Solda $10 \pm 5$   |                  |  |                                  |
| * Alinhar a pistola de solda com o encontro das peças  |                  |  |                                  |
| * Iniciar a soldagem   |                  |  |                                  |
| * O encontro do cordão deve receber acabamento utilizando a lixadeira elétrica   |                  |  |                                  |
| <b>MANUSEIO DO MATERIAL</b>  |                  |  |                                  |
| * O material só deve ser manuseado estando o operador de posse de todos os EPI's ( Avental, Luvas e Máscara para solda com lente escura No 12) |                  |  |                                  |
| * Para o acabamento deve ser utilizados como EPI's ( Avental, Luvas, Protetor Auricular e Protetor Ocular                                      |                  |  |                                  |
| <b>RESULTADOS ESPERADOS</b>  |                  |  |                                  |
| * A solda deve ter boa penetração para evitar vazamentos   |                  |  |                                  |
| <b>AÇÕES CORRETIVAS</b>  |                  |  |                                  |
| * Caso haja imperfeições no cordão da solda o operador deve interromper o processo e chamar o Chefe do setor para ajustes.                     |                  |  |                                  |
| * Panes elétricos a maq. deve ser desligada; chama-se a equipe de manutenção para averiguação e liberação                                      |                  |  |                                  |
| <b>ELABORAÇÃO</b>  |                  | <b>APROVAÇÃO</b>   |                                  |
| Sérgio Neves Filho   |                  | Sabrina Cunha  |                                  |

Fig.6.8- Procedimento de fabricação do processo de solda de tampa

### 6.3 Ensaios Normativos de Capacitação dos Processos de Fabricação

Nos itens 6.1 e 6.2 foram estudados os processos da forma como eram praticados na empresa na fabricação dos cilindros de baixa pressão. O item 6.3 apresenta os principais ensaios realizados a fim de se constatar que o cilindro foi bem projetado e atende aos pré-requisitos normativos. A norma que regulamenta a fabricação dos extintores de baixa pressão são as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR 10721 rege a fabricação dos extintores à base de pó químico, enquanto NBR 11715 é a utilizada para extintores à base de água. Os principais ensaios para a verificação do processo de fabricação são: Resistência à Pressão, Resistência à Queda, Ensaio de Ruptura e o Ensaio de Funcionamento. Neste estudo só foi realizado os ensaios para o cilindro de Pó Químico de 6 kg ( P 6 ),com as seguintes características:

- Cilindro – com altura 465mm, diâmetro externo de 146mm e confeccionado em chapa fina a frio SAE 1006 com espessura de 1,5mm;
- Pressão de trabalho – 1,03 Mpa.
- Pressão de teste hidrostático – 2,57 Mpa
- Processo de soldagem – MAG;
- Válvula de descarga - de latão forjado, com bucha plástica em polipropileno para a conexão do tubo sifão. Fabricante ITA Industrial;
- Mangueira de descarga – confeccionado em borracha com trama de nylon, diâmetro interno de 12,5 mm, externo de 19mm, comprimento de 500mm, bico da mangueira fabricado em zamak com orifício de descarga de 8mm;
- Tubo sifão – fabricado em tubo de PVC rígido, com diâmetro externo de 14 mm e interno de 10 mm, rosca de M14, passo 1,5 mm e comprimento de 505 mm.
- Indicador de pressão - fabricado em base de zamak e visor de policarbonato, roscas 1/8” – 27 NPT, com certificação do INMETRO e que atendendo a NBR 9654.
- Agente Extintor – a base de bicarbonato de sódio com 95% de teor de bicarbonato de sódio, massa específica de  $1,0 \pm 0,1 \text{ g / cm}^3$  3, Fluidez  $60 \pm 10 \text{ g/s}$  e umidade inferior a 0,1%.

Para a realização dos ensaios apresentados do item 5.3.1 a 5.3.5, foram utilizados os instrumentos apresentados na tabela 6.8 e os seus respectivos certificados encontram-se em anexo.

Tabela 6.8 - Relação dos instrumentos utilizados para realização dos ensaios normativos

| Código | Descrição  | Certifica de Calibração | Anexo |
|--------|--|-------------------------|-------|
| PS-106 | Manômetro Analógico, faixa de escala de 120 Kgf/cm <sup>2</sup> , resolução de 2 Kgf/cm <sup>2</sup> | 4386/06                 | II    |
| LS-115 | Paquímetro Quadrimensional , capacidade de 150 mm , resolução 0,05 mm                                | 0236                    | III   |
| LS-120 | Régua Graduada de Aço, faixa de escala 1000 mm , resolução 1mm                                       | 1051                    | IV    |
| ***    | Alicate Amperímetro marca Mimipa modelo ET-3802  | LS71201                 | V     |
| BA-01  | Balança Digital , faixa de escala de 30 Kg, valor da divisão 0,01 Kg                                 | 4386/06                 | VI    |
| TS-02  | Cronômetro Digital   | 4387/6                  | VII   |

### 6.3.1 Ensaio para Resistência à Pressão

Este ensaio tem como objetivo verificar se o cilindro suporta uma pressão até 2,5 vezes a pressão de trabalho durante 30 segundos sem apresentar deformações visuais perceptíveis a olho nu.

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Aparelhagem</b>    | - Bomba para teste hidrostático com manômetro (PS-106);  |
| <b>Corpo-de-prova</b> | - 3 Cilindros de Pó 6 kg;  |
| <b>Procedimento</b>   | - Conectar o recipiente ao equipamento e submetê-lo a pressão de 2,5 vezes a pressão normal de carregamento( 2,7 Mpa) por no mínimo 30 segundos; |
| <b>Resultado</b>      | - Registrar o resultado.   |

### 6.3.2 Ensaio de Ruptura

Este ensaio tem como objetivo verificar se o cilindro suporta uma pressão até 5 vezes a pressão de trabalho (5,15 Mpa) sem apresentar vazamentos ou romper, porem pode apresentar deformações. Este ensaio é para se verificar a pressão máxima que o cilindro pode resistir.

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Aparelhagem</b>    | - Bomba para teste hidrostático com manômetro (PS-106);                     |
| <b>Corpo-de-prova</b> | - 3 Cilindros de Pó 6 kg;   |
| <b>Procedimento</b>   | - Conectar o recipiente ao equipamento e submetê-lo até a ruptura do mesmo; |
| <b>Resultado</b>      | - Registrar o resultado.  |

### 6.3.3 Ensaio de Funcionamento

Este ensaio tem como objetivo verificar se o extintor quando colocado em uso apresenta rendimento igual ou superior a 85% em um tempo não inferior a 8 segundos. O rendimento é calculado pela equação 6.1, onde  $M_c$  é o peso do extintor carregado (cilindro com válvula, mangueira, manômetro e com sua carga nominal) em quilos,  $M_d$  é o peso deste após ter sido utilizado e a carga nominal é a quantidade de agente extintor que possui o extintor (projetada pelo fabricante) também em quilos. Este é o ensaio que determina se o projeto do cilindro esta ou não adequado aos pré-requisitos de funcionalidade.

$$\% \text{ Descarga} = \frac{M_c - M_d}{\text{Carga Nominal}} \times 100 \quad (6.1)$$

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Aparelhagem</b>    | - Balança (BA 01) e cronômetro (TS 02);  |
| <b>Corpo-de-prova</b> | - 3 Extintores de Pó 6 kg;   |
| <b>Procedimento</b>   | - Pesas o extintor ( $M_c$ );<br>- Descarregá-lo cronometrando o tempo efetivo de descarga na posição de uso;<br>- Pesas o extintor descarregado ( $M_d$ );<br>- Calcular o rendimento de carga pela equação 01; |
| <b>Resultado</b>      | - Registrar, sendo que o rendimento deve ser igual ou superior a 85% e o tempo não deve ser inferior a 8 segundos.   |

### 6.3.4 - Ensaio de Resistência à Queda

Este ensaio tem como objetivo verificar se o extintor após ser submetido a quedas, irá funcionar perfeitamente.

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Aparelhagem</b>    | - Balança (BA 01), cronômetro (TS 02) e régua graduada (LS-120);   |
| <b>Corpo-de-prova</b> | - 3 Extintores de Pó 6 kg;   |
| <b>Procedimento</b>   | - Posicionar o extintor a uma altura de 900 mm do piso na posição vertical e soltar o cilindro em queda livre;<br>- Posicionar o extintor a uma altura de 900 mm do piso na posição horizontal e soltar o cilindro em queda livre;<br>- Pesas o extintor (Mc);<br>- Descarregar cronometrando o tempo efetivo de descarga na posição de uso;<br>- Pesas o extintor descarregado (Md);<br>- Calcular o rendimento de carga pela equação 01; |
| <b>Resultado</b>      | - O extintor deve funcionar perfeitamente e deve atender ao exigido no ensaio de funcionamento (6.3.3).  |

### 6.3.5 Ensaio de Microvazamento.

Este ensaio tem como objetivo verificar se o extintor não apresenta falhas no processo de soldagem ou na laminação da chapa ( furos ).

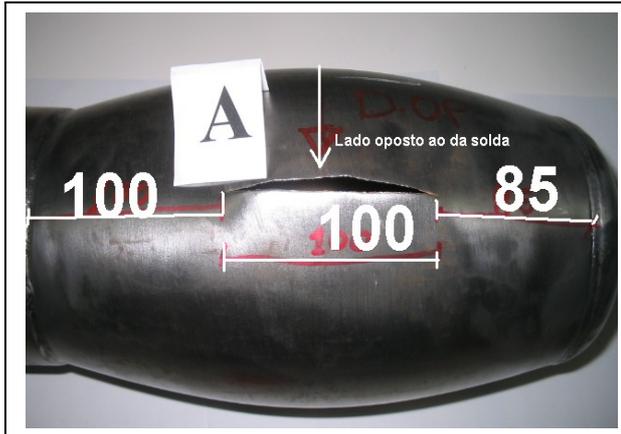
|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Aparelhagem</b>    | - Fonte de pressão pneumática com manômetro (PS-106) e recipiente com Água e boa iluminação;   |
| <b>Corpo-de-prova</b> | - 3 Extintores de Pó 6 kg;   |
| <b>Procedimento</b>   | - Acoplar o cilindro a fonte de pressão;<br>- Regular o equipamento para fornecer a pressão de trabalho ao cilindro;<br>- Aplicar a pressão de trabalho;<br>- Submergir o cilindro no recipiente contendo água.; |
| <b>Resultado</b>      | - O cilindro não pode apresentar vazamento em toda a sua superfície.   |

Os ensaios apresentados nos itens 6.3.1 ao 6.3.5 foram realizados conforme determinado na NBR 10721 e podemos verificar na tabela 6.7 que todos os ensaios foram aprovados, utilizando-se os parâmetros apresentados nos capítulos 3 e 4. O objetivo do estudo a partir de agora é aumentar a produção e diminuir os custos sem comprometer a qualidade do produto após as modificações a serem implantadas. Estes ensaios devem ser repetidos e devem atender aos requisitos mínimos normativos.

As figuras 6.9 a 6.11 apresentam fotos dos cilindros depois de submetida ao ensaio de ruptura (6.3.2) e como pode se observar a ruptura ocorre fora da zona afetada termicamente (ZAT) o que indica que o processo de soldagem não interferiu na resistência final do cilindro, logo a solda, cumpriu seu objetivo que é unir duas peças e transformar em uma sem a perda de suas propriedades físicas e químicas. E os ensaios relacionados na tabela 6.9 demonstram a eficiência do projeto e a capacidade da empresa em produzir o determinado cilindro cumprido os pré-requisitos normativos.

Tabela 6.9 – Resultados dos ensaios realizados antes da reengenharia

| <b>Ensaio Realizado</b>                  | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>  |
|--|-----------------------|---|
| 6.3.1 -Ensaio para Resistência À Pressão | A                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis              |
|  | B                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis              |
|  | C                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis              |
| 6.3.2 -Ensaio de Ruptura                 | A                     | Aprovado Rompeu $c/56 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,6 \text{ Mpa}$ |
|  | B                     | Aprovado Rompeu $c/56 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,6 \text{ Mpa}$ |
|  | C                     | Aprovado Rompeu $c/58 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,8 \text{ Mpa}$ |
| 6.3.3 -Ensaio de Funcionamento           | A                     | Aprovado Rendimento 92% tempo 14 segundos                 |
|  | B                     | Aprovado Rendimento 93% tempo 12 segundos                 |
|  | C                     | Aprovado Rendimento 92% tempo 13 segundos                 |
| 6.3.4 -Ensaio de Resistência à Queda     | A                     | Aprovado Rendimento 93% tempo 12 segundos                 |
|  | B                     | Aprovado Rendimento 93% tempo 13 segundos                 |
|  | C                     | Aprovado Rendimento 92% tempo 13 segundos                 |
| 6.3.5 – Ensaio de Microvazamento         | A                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                        |
|  | B                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                        |
|  | C                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                        |

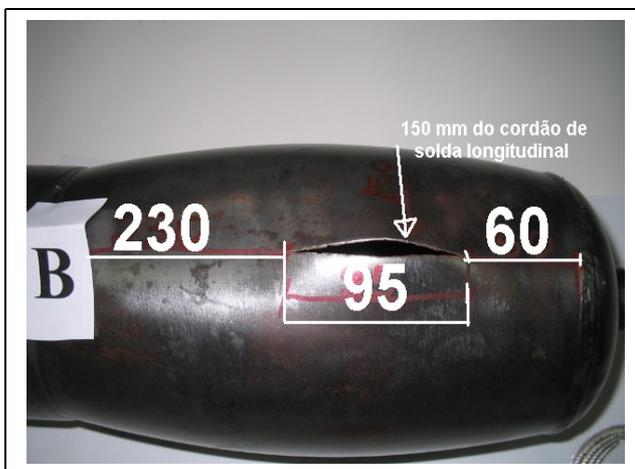


**Corpo de Prova A**

Ruptura ocorreu com  
 $56 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,6 \text{ Mpa}$

Rompeu diametralmente oposto  
 ao cordão de solda longitudinal

Figura 6.9 – Corpo de prova A - Cilindro P 6 rompido



**Corpo de Prova B**

Ruptura ocorreu com  
 $56 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,6 \text{ Mpa}$

Rompeu a 150 mm do cordão de  
 solda longitudinal

Figura 6.10 – Corpo de prova B - Cilindro P 6 rompido



**Corpo de Prova C**

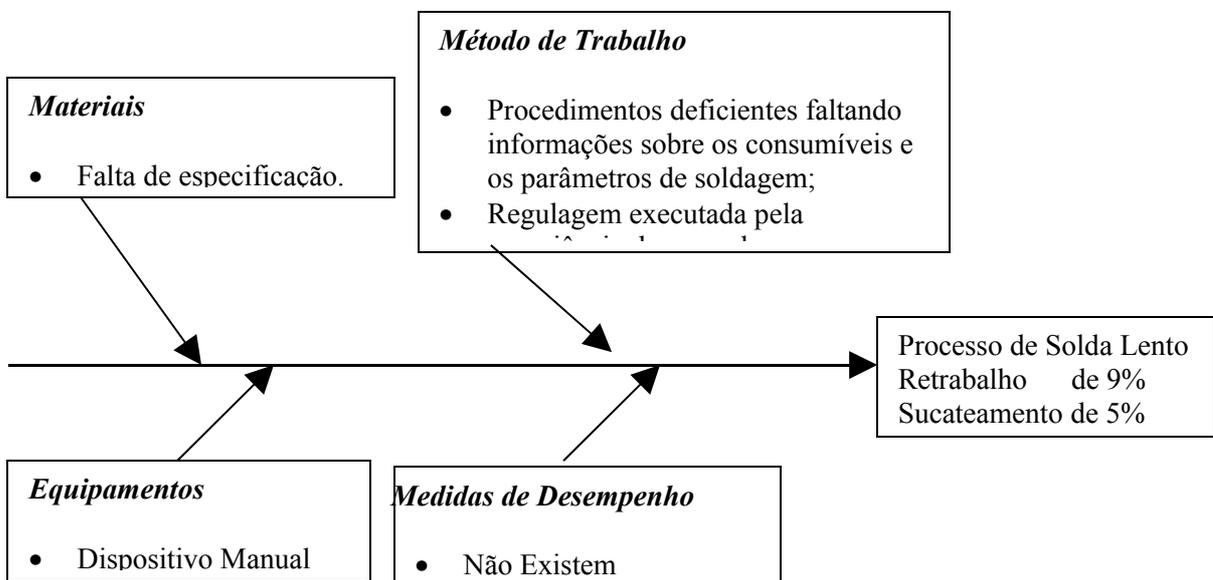
Ruptura ocorreu com  
 $58 \text{ Kgf/cm}^2 = 5,8 \text{ Mpa}$

Rompeu a 160 mm do cordão de  
 solda longitudinal

Figura 6.11 – Corpo de prova C - Cilindro P 6 rompido

## 7. MODIFICAÇÕES A SEREM IMPREMENTADAS.

Neste capítulo serão utilizadas as técnicas de reengenharia nos processos de soldagem estudados nos capítulos anteriores, de forma a obter dos mesmos, o melhor aproveitamento possível, utilizando as técnicas de automação para os processos de solda longitudinal e de tampa de forma criativa e com o menor custo possível. Na identificação dos problemas para a solda longitudinal e de tampa utilizou-se o método do diagrama de causas e efeito como apresentado na figura 7.1. As principais causas eram referentes: um procedimento mal elaborado conforme apresentado no capítulo anterior; não havia a especificação dos consumíveis o que possibilitava um aumento do retrabalho e do sucateamento; falta de medidas de desempenho, equipamentos manuais, o que acarretava um processo de solda lento. No item 7.1 e no item 7.2 serão propostas soluções para eliminar as causas referentes aos dispositivos de soldagem (equipamento). No próximo capítulo serão estudadas as modificações referentes ao método de trabalho, aos materiais e as medidas de desempenho.



### 7.1 - Dispositivo de Solda de Longitudinal

Após estudo minucioso do processo de soldagem anteriormente em funcionamento chegou-se a conclusão que no projeto do novo processo deveríamos montar um dispositivo que realizasse todo o processo de soldagem com a mínima participação do operador. Para estas modificações utilizou-se de muita criatividade a figura 7.1 apresenta o princípio de funcionamento do novo dispositivo. As principais mudanças foram:

- Montar uma nova estrutura metálica utilizando cantoneiras de 75 mm por 5,2 mm, foi utilizado como base a estrutura do dispositivo anterior com as modificações necessárias para comportar os outros equipamentos utilizados na automação do processo;
- Substituir o motor de 1 CV com 750 rpm, por um moto-redutor de 1/3 CV com redução de 1 para 10 já que a força exercida pelo equipamento não necessitava do motor de 1 CV este só aumentava o consumo de energia elétrica;

- Substituir o sistema de redução de velocidade que era realizado por polias, por inversor de frequência que possibilita um controle maior da velocidade responsável pela movimentação da pistola de solda;
- Automatizar o acionamento do motor e da pistola, utilizando sensores que detectam o início e o final da peça ligando e desligando automaticamente ambos. No final do processo, através de sinais luminosos, o equipamento avisa para o operador que o processo de solda terminou e o equipamento está posicionado e pronto para executar novamente o processo. Anteriormente todo este processo era realizado manualmente pelo operador conforme descrito na tabela 6.1 de forma que o operador era indispensável ao processo, não podia sair de junto da máquina e qualquer descuido a peça era sucateada;

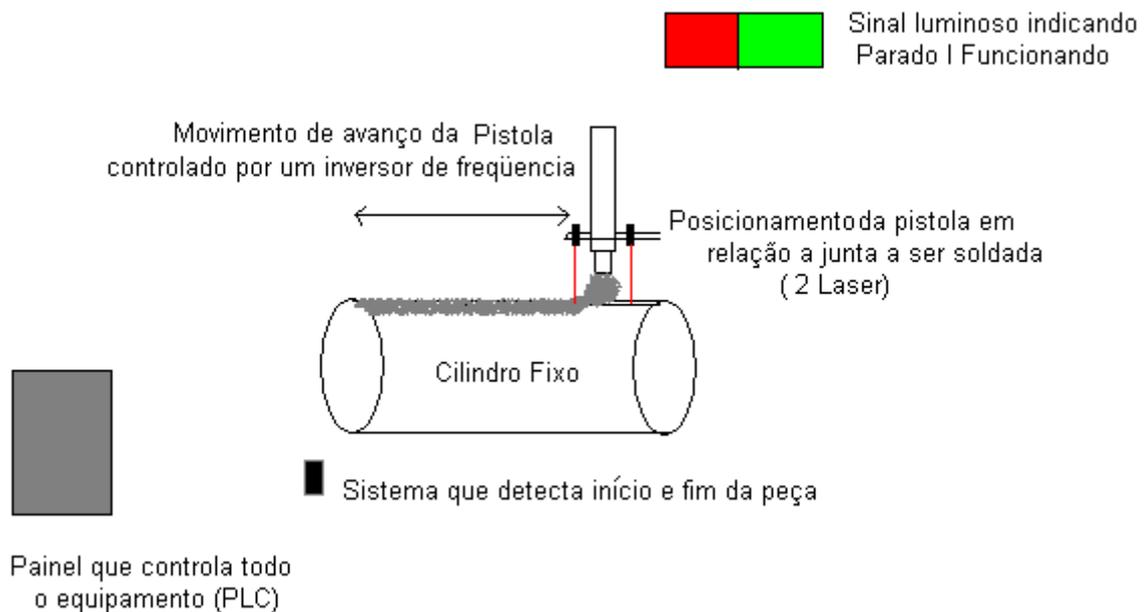


Figura 7.1 – Esquema de funcionamento do novo dispositivo de solda longitudinal

Definidas as modificações a serem introduzidas no processo passamos à fase de implementá-las. Apesar de inicialmente não terem sido projetadas, foi acrescentado algumas mudanças ao projeto inicial à medida que era montado o dispositivo de soldagem. As outras mudanças implementadas foram:

- Modificar o sistema de posicionamento da junta a ser soldada, que ao invés de utilizar pinos mecânicos utilizou-se dois feixes a laser;
- Implementar no dispositivo a proteção dos equipamentos instalados.
- Modificar o posicionamento da máquina de solda, que conforme apresentado na figura 6.1 encontrava-se ao lado do dispositivo de solda, o que acarretava perda de espaço no chão de fábrica e dificuldade no momento da troca do arame. Para solucionar este problema a máquina de solda foi posicionada na parte superior do dispositivo, ganhando espaço e facilitando tanto a troca do arame como a sua manutenção e inspeção. A figura 7.2 apresenta uma foto do novo equipamento projetado utilizando-se o princípio de funcionamento da figura 7.1.



Figura 7.2 – Foto do Dispositivo de Solda Longitudinal modificado

Com objetivo de se constatar os efeitos das mudanças implantadas foram realizados alguns testes. Os testes iniciais foram executados com os parâmetros de soldagem já conhecidos. Como o equipamento apresentou um excelente resultado e praticidade na utilização, a diretoria optou em colocar o novo dispositivo já incorporado ao processo, pois desta forma, o operador poderia soldar duas peças ao mesmo tempo o que acarretaria um aumento na produção. Para acompanhar o desenvolvimento e a adequação do novo equipamento, foi acertado que o processo seria acompanhado da seguinte forma: Dois lotes de 1000 peças foram produzidas separadamente, sendo um pela solda manual e outro pela solda automática. Ao término da produção de 2.000 peças os resultados começaram a aparecer, pois os índices de sucateamento e de retrabalho das duas máquinas já se mostravam diferentes, com uma redução significativa de 45 e 50% respectivamente, apenas com a automação do processo. A tabela 7.1 apresenta o levantamento obtido.

Tabela 7.1 – Levantamento da produção dos processos de solda longitudinal

| Solda Longitudinal                              | Quantidade Peças Soldadas | Quantidade Retrabalho | Quantidade Sucateamento |
|---|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Equipamento sem as modificações<br>(figura 6.1) | 1000                      | 79                    | 43                      |
| Equipamento modificado<br>(figura7.2)           | 1000                      | 54                    | 27                      |

A equipe de implantação ouviu do operador a seguinte declaração “O novo equipamento é muito mais fácil de operar, eu não fico preocupado em errar e nem com a vista cansada de tanto ficar olhando para a solda, meu trabalho esta mais fácil e se o outro dispositivo também fosse automatizado, sobraria mais tempo para poder realizar a inspeção visual enquanto o equipamento esta soldando sozinho, minha produção vai aumentar”. Com esta declaração o grupo achou que tinha cumprido esta fase do projeto pois o novo dispositivo tinha sido aprovado, mostrando-se mais eficiente e de fácil manuseio, porém quando os extintores foram submetidos aos ensaios de microvazamento a primeira peça rompeu provocando um susto em toda a fábrica. As figuras 7.3 e 7.4 mostram o estado em que o cilindro ficou. Imediatamente todo o lote foi separado e 100% submetido ao teste hidrostático com uma pressão maior do que a exigida por norma, pois havia a preocupação de o fato voltar a se repetir. Ao ser realizado o ensaio hidrostático com uma pressão de 28 kgf/cm<sup>2</sup> em 999 peças três apresentaram o mesmo problema (tabela 7.1).

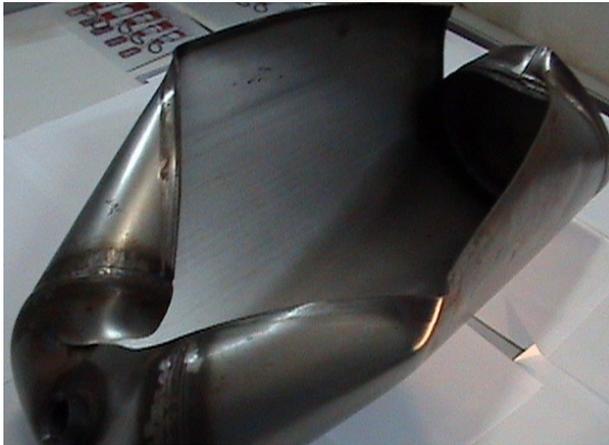


Figura 7.3- Extintor rompido



Figura 7.4 - Extintor rompido

### 7.1.1 Análise do Problema do Rompimento do Cilindro

A princípio foi especulada a possibilidade de o problema ter ocorrido por defeito de laminação em uma ou duas chapas do lote, porém esta possibilidade foi logo descartado pelo fato de cada chapa produzir oito peças, logo teríamos, a princípio, no mínimo oito problemas similares. Para uma melhor análise as peças foram seccionadas objetivando uma análise da penetração da solda em todas as juntas soldadas. As figuras 7.5 a 7.7 apresentam as fotos do cilindro seccionado para observação dos cordões de solda.



Fig 7.5 - Cilindro seccionado



7.6 - Solda longitudinal



7.7 - Solda longitudinal

Quando o cilindro foi seccionado para um estudo mais apurado observou-se que o cordão de solda não penetrou o suficiente ocasionando falta de penetração na raiz da solda, a deposição foi realizada tangenciando a junta a ser soldada e não na junta, de forma que na inspeção visual do operador não foi possível detectar este problema. Analisando o processo, o operador informou que acredita ter se enganado no momento de posicionar a junta a ser soldada em relação a pistola de soldagem, então se questionou porque este fato nunca aconteceu quando se utilizava o antigo dispositivo (figura 6.1) e o mesmo respondeu que acredita que seja por causa do laser que dificultava a sua visão no momento de posicionar a peça. Vários outros experimentos foram realizados com esta solda e constatamos que o problema era mais grave uma vez que o fecho de laser aplicava um ponto de três milímetros enquanto que o antigo dispositivo indicava um ponto com menos de um milímetro de espessura isto dificultava o posicionamento correto da junta pelo operador. Como não se conseguiu um fecho menor, resolveu-se retirar este dispositivo do equipamento e voltar ao dispositivo manual de posicionamento da peça que consistia em dois pinos metálicos e fixo no mesmo local que foi colocado o laser.

### 7.1.2 Conclusão do Dispositivo de Solda Longitudinal.

Finalmente o dispositivo ficou pronto, porém ainda não foi abandonada a idéia do posicionamento automático. Esta sendo estudando a possibilidade de se obter um ponto de melhor resolução (laser), se não for possível será implantado um sistema utilizando pistões pneumáticos e válvulas solenóides. A tabela 7.2 apresenta as modificações implantadas comparado-as com o processo utilizado anteriormente como pode ser verificar estas modificações acarretaram na diminuição de cinco etapas do processo, que com a modificação eles passaram a ser comandados apenas com o acionamento de um botão, e principalmente porque o operador não mais necessita ficar na máquina após o acionamento do botão, ganhando tempo para que ele possa operar simultaneamente outro processo. A figura 7.8 descreve o novo fluxograma do processo após a reengenharia do equipamento.

7.2 – Tabela das etapas do processo de solda longitudinal

| <b>Operação Realizada</b>                       | <b>Forma como era realizado</b> | <b>Depois das modificações</b> |
|---|---------------------------------|--------------------------------|
| Colocar a peça a ser soldada                    | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                  |
| Alinhar a Peça                                  | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                  |
| Prender a Peça (fixador)                        | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                  |
| Iniciar a rotação do motor                      | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>              |
| Iniciar a soldagem                              | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>              |
| Executar soldagem em todo o comprimento da peça | <b>Automático</b>               | <b>Automático</b>              |
| Desligar o processo de Soldagem                 | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>              |
| Reverter o Motor                                | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>              |
| Desligar o Motor                                | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>              |
| Retirar a Peça                                  | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                  |
| Inspecionar                                     | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                  |

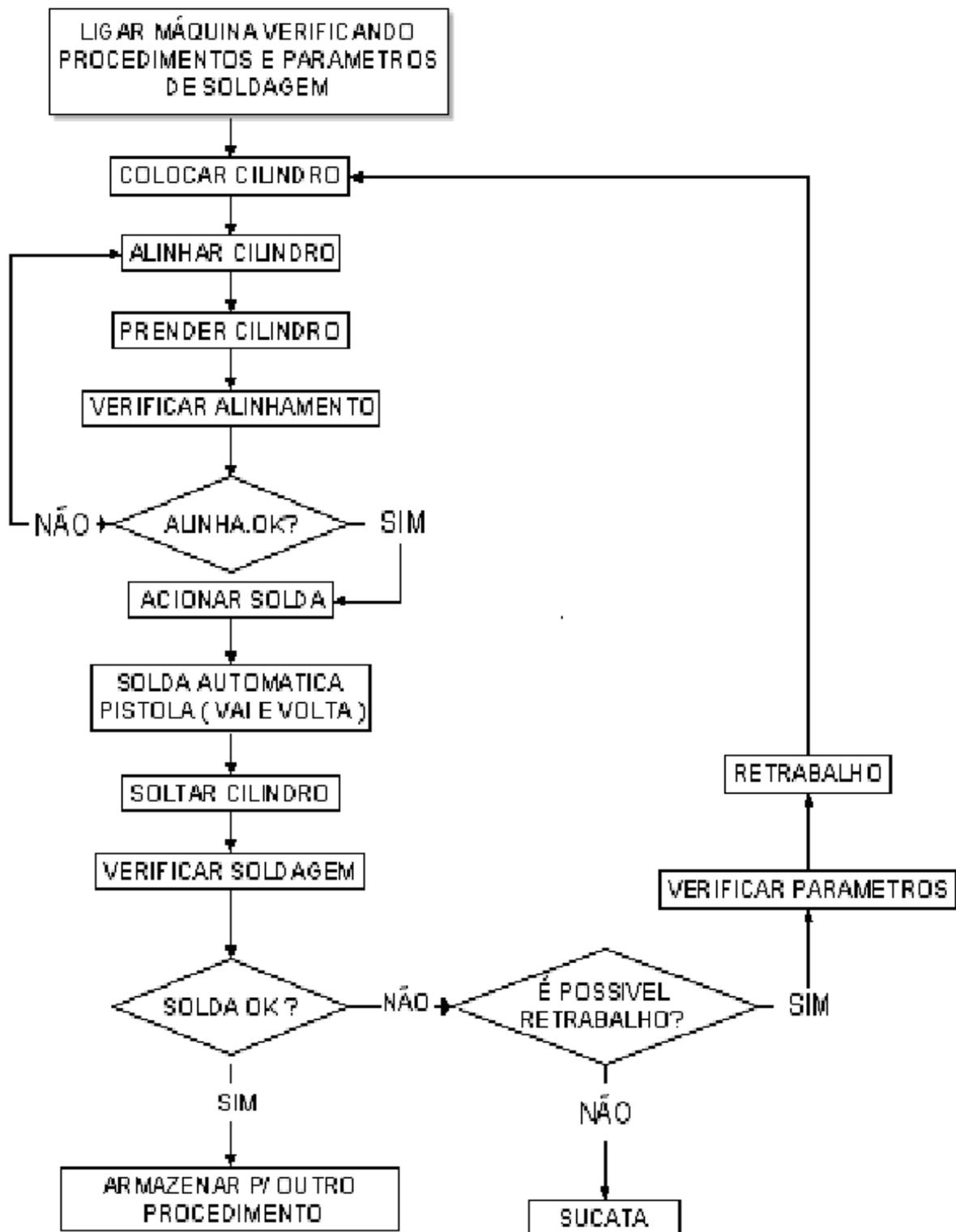


Figura 7.8 – Fluxograma da solda longitudinal modificada

## 7.2 Dispositivo de Solda da Tampa (Cúpula).

Neste projeto de mudanças do processo a idéia inicial era a de se tentar automatizar o processo de forma similar ao utilizado na solda longitudinal, principalmente tentando também retirar o homem o máximo possível do processo, para que o mesmo possa realizar outras operações durante o tempo de soldagem. Da mesma forma que no dispositivo de solda longitudinal utilizou-se de muita criatividade a figura 7.9 apresenta o princípio de funcionamento do novo dispositivo. As principais mudanças foram:

- Para fixar o cilindro no dispositivo foi utilizado um pistão pneumático com controle de avanço e de velocidade, ao invés do processo mecânico que anteriormente utilizava um fuso de rosca;
- No controle de velocidade foi implantado um moto-reductor de 1/3 CV com controle de velocidade por inversor de frequência o invés do motor de 1 CV e das polias;
- A pistola ficou fixa em um ponto perpendicular ao cilindro de forma a não ser mais necessária a remoção da mesma para retirar o cilindro;
- A máquina de solda foi colocada na parte superior do dispositivo, de tal maneira que, ganhou-se espaço e praticidade no momento da troca do arame;
- Foram implantados dois sistemas para controle de tempo de processo, um para ativar e desligar o motor e outro para ativar e desligar a pistola de forma a trabalhar simultaneamente com um simples apertar de botão. O dispositivo está agora programado para ativar o motor, ativar a solda, transpassar 30 mm e depois desligar os dois dispositivos ao mesmo tempo, avisando ao operador que a peça está pronta. A figura 7.10 apresenta o novo dispositivo.

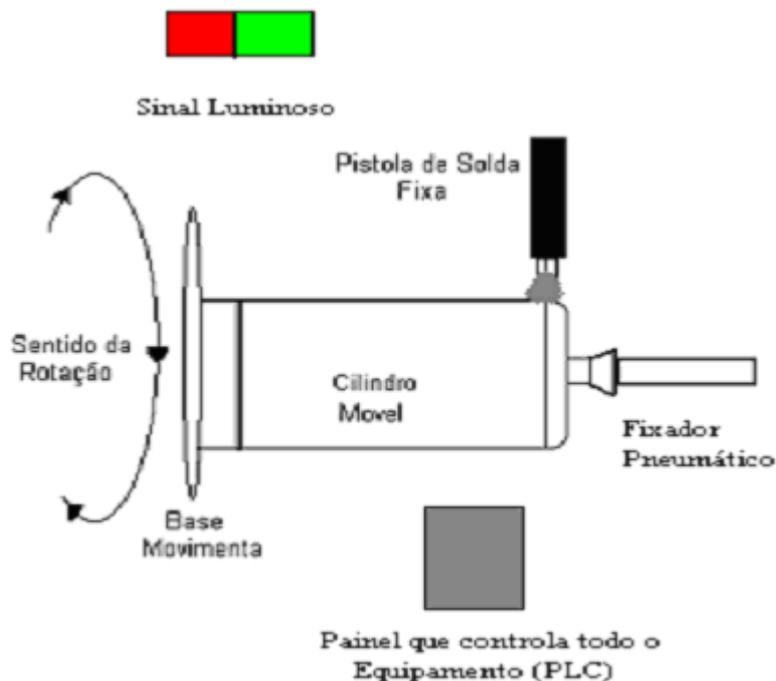


Figura 7.9 - Esquema de funcionamento novo dispositivo de solda de tampa

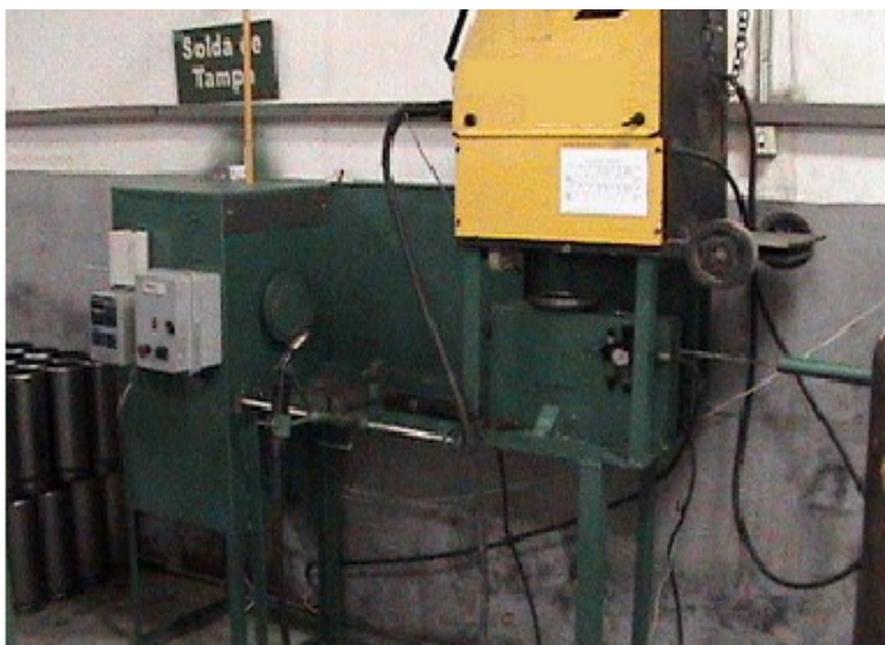


Figura 7.10 – Foto do dispositivo de solda de tampa depois das modificações

Iniciamos os testes e surgiu o primeiro problema. Apesar de estarmos usando os mesmos parâmetros do antigo processo não conseguíamos obter as mesmas distâncias ente as margens de solda. A distância entre margem foi reduzida para 4 mm quando normalmente usava-se 9 mm. Esta redução acarretou um aumento do retrabalho o que não é conveniente para o sistema. Depois de muitos testes verificamos que o problema era a posição da pistola, pois antes ela se encontrava em um ângulo de aproximadamente 35° e no novo projeto ela estava perpendicular a peça com ângulo de 90°, como não foi conseguido colocar este ângulo na pistola, a solução momentânea foi voltar a utilizar o posicionamento manual, tendo que modificar novamente o dispositivo. Os testes recomeçaram sendo que desta vez, o dispositivo funcionou perfeitamente e as margens de solda voltaram a ter 9 mm. Depois de pronto o dispositivo foi apresentado a toda a diretoria e a mesma resolveu colocar o equipamento também em uso. O mesmo cuidado de separação de lote foi utilizados porem foi acertado que seria diminuído o lote a ser produzido ao invés de 1000 peças por dispositivo serão produzidas apenas 500 em cada processo, pois com a experiência a adquirida na montagem do dispositivo de solda longitudinal chegou-se a conclusão de que um lote de 500 peças era suficiente para se testar o novo equipamento. Ao término da produção, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 7.3. Nestas modificações notamos que não foi sentida diferença grande nos índices de sucateamento e de retrabalho das duas máquinas, uma vez que os índices anteriores ficavam em faixa semelhantes.

Tabela 7.3 – Levantamento da produção dos processos de solda de tampa

| <b>Solda de Tampa</b>                                   | <b>Quantidade Peças Soldadas</b> | <b>Quantidade Retrabalho</b> | <b>Quantidade Sucateamento</b> |
|---|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>Equipamento sem as modificações<br/>(figura 6.5)</b> | <b>500</b>                       | <b>15</b>                    | <b>12</b>                      |
| <b>Equipamento modificado<br/>(figura 7.10)</b>         | <b>500</b>                       | <b>13</b>                    | <b>11</b>                      |

### 7.2.1 – Conclusão do Dispositivo de Solda da Tampa

Ao termino dos trabalhos de modificação do dispositivo de soldagem, este foi entregue definitivamente para a produção e o operador fez o seguinte comentário “agora, daqui a pouco eu vou só ficar sentado apertando botão “. Toda a equipe ficou satisfeita com os resultados obtidos, apesar de não haver uma modificação significativa nos índices de retrabalho e sucateamento, como ocorreu no dispositivo anterior, houve uma melhoria significativa no processo como um todo. Conseguiu-se reduzir seis operações que antes eram manuais e passaram a ser automáticas, simplificando o processo, como pode ser verificado na tabela 7.4, foram reduzidos seis etapas após a aplicação da reengenharia no equipamento o que reduz o tempo de processo e ao mesmo tempo, libera o operador para realizar outras operações. O fluxograma da figura 7.11 apresenta como hoje o processo é realizado.

Tabela 7.4 – Etapas do processo de solda de tampa

| <b>Operação Realizada</b>              | <b>Forma como era realizado</b> | <b>Depois da modificação</b> |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| Colocar a peça a ser soldada           | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |
| Prender a peça                         | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Aproximar a tocha de soldagem          | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |
| Alinhar                                | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |
| Iniciar a solda                        | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Iniciar a rotação do motor             | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Executar a soldagem em todo o contorno | <b>Automático</b>               | <b>Automático</b>            |
| Desligar o processo de Soldagem        | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Desligar o Motor                       | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Liberar a tocha de Soldagem            | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |
| Soltara Peça                           | <b>Manual</b>                   | <b>Automático</b>            |
| Retirar a Peça                         | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |
| Inspecionar                            | <b>Manual</b>                   | <b>Manual</b>                |

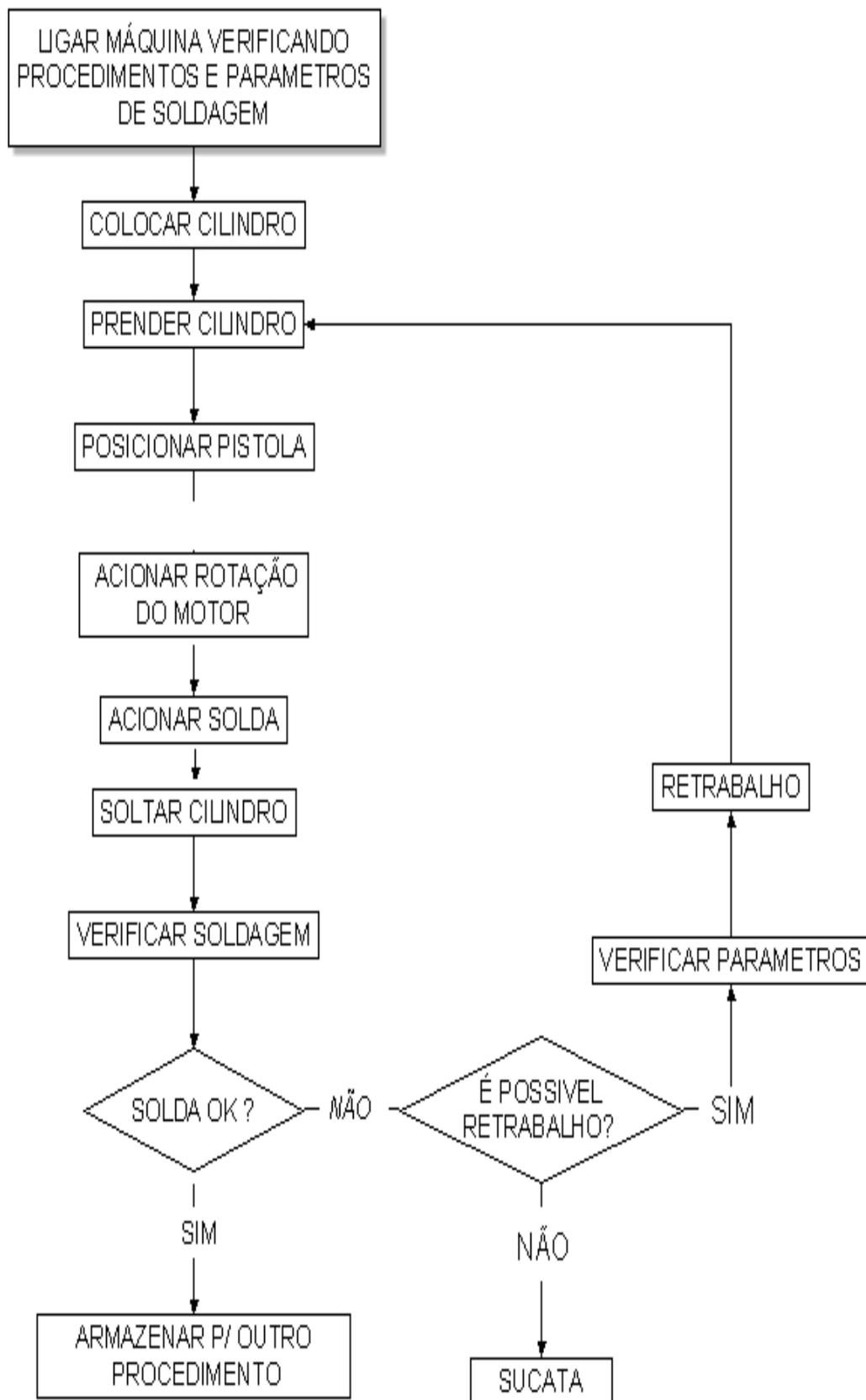


Figura 7.11 – Fluxograma da solda de tampa (cúpula)

### 7.3 Outras Modificações Necessárias

Durante as modificações nos dispositivo foi necessário melhorar outros fatores que influenciavam diretamente para o aumento da produção e a diminuição dos índices de retrabalho e sucateamento, influenciando diretamente na qualidade dos cilindros fabricados. As modificações foram:

#### 7.3.1 Das Instalações Elétricas

Foi executado um levantamento das condições da rede elétrica, com medições na rede interna da empresa e constatou-se que as mesmas estavam desbalanceadas. Havia uma das fases com a corrente de 70 ampères e as outras duas com correntes de 20 ampères. Como as máquinas de solda são trifásicas, este fato provocava sobrecarga na fiação e diminuía o rendimento dos equipamentos, principalmente devido à sobrecarga na fiação instalada. A rede só suporta 70 ampères por fase, logo uma das fases estava trabalhando no seu limite, enquanto que as outras duas estavam sub-utilizadas. Para solucionar estes problemas, instalamos um quadro elétrico, adequado com controle de tensão e corrente para cada fase. Instalamos uma rede exclusiva para a fábrica de extintores, tendo o cuidado de balancear cada fase. Hoje a corrente em cada fase é de 24 ampères. No quadro instalamos um contactor e um equipamento para monitorar a falta de fase, que em uma possível interrupção de qualquer uma das fases, toda a rede é desligada. A rede hoje é totalmente monitorada, se houver uma sobrecarga de tensão ou da corrente um outro dispositivo de controle corta o fornecimento de energia para o setor de soldagem de forma a evitar variações na tensão elétrica. A figura 7.12 apresenta o painel que foi instalado para controle e monitoramento da energia elétrica da fábrica.



Figura 7.12 – Painel de controle de energia elétrica.

Ao analisar as tomadas que ligavam as máquinas de solda à rede elétrica foi notado que eram utilizadas tomadas trifásicas não adequadas as correntes dos equipamentos, o que acarretava um mau contato dos pinos e conseqüentemente influíam na qualidade dos cordões de solda. As figuras 7.13 e 7.14 apresentam como eram realizadas as ligações e as figuras 7.15 e 7.16 as modificações que foram implantadas.



Figura 7.13-Ligação das máquinas de solda antes da REP



Figura 7.14- Tomada de ligação da solda antes da REP



Figura 7.15-Ligação das máquinas de solda após a reengenharia



Figura 7.16-Tomada de ligação da solda após a reengenharia

Todas as máquinas e dispositivos foram aterrados, objetivando dar maior segurança ao operador.

Algumas vezes era necessário realizar trabalhos nos horários entre 18:00 e 21:00 horas devido a pedidos sazonais, que não podíamos produzir em horários normais, pois nossa produção era planejada com 15 dias de antecedência, o que aumentava consideravelmente o custo da produção devido não só as horas extras como também ao aumento da tarifa da energia elétrica neste período. Desta forma, ficou proibido o trabalho neste horário com os equipamentos de soldagem.

Quanto a iluminação, as lâmpadas anteriormente utilizadas eram a base de vapor de mercúrio que produzem uma boa iluminação, porém aumentando o consumo de energia elétrica, todas as lâmpadas foram trocadas por lâmpadas fluorescentes. Para os equipamentos que necessitavam de maior iluminação, foram instaladas lâmpadas pontuais com focos direcionados e interruptores no dispositivo para serem ligados e desligados pelo operador.

### 7.3.2 Da Segurança e do Conforto no Setor de Trabalho

Os processos de soldagem emitem agentes agressivos à saúde que causam doenças ocupacionais e redução na produção como visto no capítulo II. Visando melhorar o ambiente de trabalho foram implantadas modificações.

Para a redução dos fumos metálicos provocados pelas soldas, utilizou-se mecanismo de exaustão, alguns dispositivos de soldagem foram projetados sistemas de exaustão localizados, como nos dispositivos de solda de gargalo e da solda de fundo. Foram ainda instalados dois exaustores numa altura de 3,5 metros para o restante da fábrica. Estas modificações acarretaram qualitativamente um melhor o conforto térmico como redução dos fumos metálicos no ambiente.

Quanto à radiação emitidas no processo de soldagem, além dos EPI's (equipamentos de proteção individual) utilizados normalmente, utilizamos técnicas de anteparo próximas ao bico de solda e cortinas especiais para isolamento dos trabalhadores os chamados EPC's (equipamentos de proteção coletiva).

Após a automação dos processos de solda longitudinal e solda de tampa, o operador não mais necessita estar na máquina o que melhora consideravelmente seu conforto térmico, pois desta forma ele se afasta da fonte de calor e das radiações provocadas pelo processo.

Foram modificadas as posições e o fluxo da produção objetivando ganhar tempo e diminuir o máximo possível o deslocamento do operador. O chão foi demarcado e criado locais determinados para as máquinas e os produtos em processos, e foi deixado um corredor livre para a movimentação dos operadores. A figura 7.17 apresenta uma foto do novo ambiente de trabalho que pode ser comparado com o da figura 5.4 do antigo ambiente de trabalho.



Figura 7.17 - Foto da fábrica de extintores – Data 25/12/2006

## **8. MODIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM**

No capítulo anterior foram utilizadas técnicas de reengenharia para modificação dos dispositivos de soldagem e para melhorar o ambiente de trabalho. Neste capítulo serão estudados métodos para modificar os parâmetros de soldagem objetivando: a diminuição do tempo de processo; aumento da produção; redução dos custos de fabricação; padronização do processo e redução dos índices de retrabalho e de sucateamento. Conforme a tabela 5.6 o tempo total de processo para a fabricação do P 6 era de 824 segundos, sendo que 29 % deste tempo eram gasto em apenas dois sub-processos, o de solda de tampa e o de solda de fundo. O principal fator de influência sobre o tempo de soldagem é a velocidade de avanço. Aumentando a velocidade de avanço e manter a qualidade da solda não é tão fácil, pois, é necessário que a peça depois de soldada atenda os pré-requisitos dos ensaios normativos. Ao se alterar a velocidade de avanço é necessário se modificar os demais parâmetros do processo de soldagem, tais como: tensão, corrente, velocidade do arame e a vazão do gás.

Com o objetivo de se diminuir o tempo de fabricação a partir do aumento da velocidade de avanço, obtendo-se um cordão de solda de qualidade e isento de defeitos foram realizados vários experimentos que são descritos a seguir.

### **8.1 Experimentos para Modificação dos Parâmetros da Solda Longitudinal**

Os ensaios da solda longitudinal foram realizados em seis etapas e foi adotada a seguinte metodologia:

1º Etapa - Aumentar a velocidade de avanço para 10 mm/s, antes utilizava-se apenas 5 mm/s;

2º Etapa - Soldar 58 peças com de 430 mm de comprimento, sendo uma peça por cada experimento, variando os parâmetros até se obter uma solda sem defeito, os valores testados estão indicados na tabela 8.1. Nesta etapa foi definido que o cordão de solda deveria ter as seguintes características: distância da face da solda entre 2,6 a 4 mm e o reforço da face da solda entre 0,5 a 3 mm que eram os parâmetros antes conseguidos. Serão considerados defeitos ou não conformidade (NC) os cordões que não apresentarem estas especificações ou qualquer tipo de perfuração, porosidade ou mesmo a falta de penetração na junta.

3º Etapa - Soldar 10 peças com os parâmetros que não apresentaram defeitos (lotes), serão descartados os parâmetros que não cumprirem esta etapa;

4º Etapa - Preparar 3 peças e executar os testes micro-vazamento de pressão e de ruptura, se reprovado, voltar ao item 2;

5º Etapa - Realizar solda em 200 peças que devem atender ao seguinte pré-requisito de índice máximo de retrabalho de 4% e de sucateamento 2% para cada 50 peças produzidas. Estes índices determinados no objetivo do início do trabalho (capítulo III);

6º Etapa - Aprovado, elaborar os procedimentos.

Para modificar os processos de soldagem, foram mantidos alguns parâmetros pré-existentes como fixos, quanto aos outros parâmetros, estes foram modificados um a um, até se conseguir um cordão de solda sem defeitos. A tabela 8.1 apresenta todas as condições utilizadas nos experimentos. Tendo sido fixada a velocidade de avanço em 10 mm/s e variando-se os demais parâmetros dentro dos intervalos pré-estabelecidos. Estes intervalos foram determinados de forma que a energia de soldagem máxima utilizada era de 174,10 J/mm (tabela 6.4). Quanto à variação do gás de proteção, partiu-se do parâmetro antes utilizado sendo reduzido gradativamente até atingir a menor vazão possível, sem comprometer a qualidade da solda (provocar porosidade). A seguir apresenta-se a faixa permissível de variação de cada parâmetro:

- Tensão - pode variar de 17 a 22 V;
- Corrente - pode variar de 68 a 100 A;
- Velocidade de Arame - 4 a 10 m/min;
- Vazão do Gás - partindo de 26 l/min até a menor vazão possível sem defeito

Nestes experimentos foram mantidos fixos os seguintes parâmetros:

- Tipo do gás de proteção - 80 % Argônio e 20% de CO<sub>2</sub>;
- Tipo do arame - ASME SFA – 5.18 - ER70S – Diâmetro 0,8 mm  
Fabricante ESAB - Lote: 06204331/2 - Data: 24/05/2006
- Máquina de solda - AristoPower 460 – Fabricante ESAB – 380V  
Trabalho em polaridade reversa (CC+) (Anexo I)
- Distância do bico a peças -10 mm
- Chapa - Aço Carbono Fina Frio SAE 1008 – Espessura de 1,5 mm  
Fabricante Belgo Mineira -Lote 23415/2006-Data 20/04/2006

Na segunda etapa foram realizados 58 experimentos conforme apresentado na tabela 8.1, destes 51 foram ensaios com variação de parâmetros e apenas oito ensaios foram aprovados quanto aos critérios de aceitação (13,14, 20, 21, 27, 28, 34 e 35) e os outros quarenta e três reprovados.

Nos experimentos de 44 a 50 foram mantidos os parâmetros do experimento 43 e reduzido gradualmente à vazão do gás de proteção, até se atingir a menor vazão possível sem provocar defeitos (Porosidade).

Nos experimentos de 51 a 58 repetimos os parâmetros dos experimentos já aprovados (13,14, 20, 21, 27, 28, 34 e 35) apenas foi diminuída a vazão para 20 l/min de forma a confirmar que poderia ser realizado o processo com uma vazão menor, sem comprometer a qualidade da solda. Esta decisão acarretou uma economia de 23% no consumo do gás de proteção e foi comprovado que não era necessário utilizar 26 l/min, pois esta vazão não melhorava a qualidade de solda, apenas aumentava o custo com o gás de proteção a tabela 8.2 apresenta apenas os parâmetros aprovados.

Ao término desta etapa (2º) concluímos que a tensão só pode variar de 18 a 21 V e a corrente de 98 a 100 A, a velocidade do arame deve ser de 7 m/min e a vazão de gás ficaria fixa em 20 l/min e a energia esta variando de 137,49 a 163,80 J/mm. Os outros parâmetros utilizados apresentaram defeitos e foram descartados. A figura 8.1 apresenta os dados da tabela 8.2 em gráfico de linha.

Tabela 8.1 – Experimento da solda longitudinal 2º fase

| Experimento             | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Energia de Soldagem (J/mm) | Velocidade do Arame (m/min) | Resultado |
|-------------------------|---------------|------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1                       | 26            | 17         | 68           | 90,17                      | 4                           | NC        |
| 2                       | 26            | 17         | 78           | 103,43                     | 4                           | NC        |
| 3                       | 26            | 17         | 78           | 103,43                     | 5                           | NC        |
| 4                       | 26            | 17         | 88           | 116,69                     | 5                           | NC        |
| 5                       | 26            | 17         | 88           | 116,69                     | 6                           | NC        |
| 6                       | 26            | 17         | 98           | 129,95                     | 6                           | NC        |
| 7                       | 26            | 17         | 100          | 132,60                     | 6                           | NC        |
| 8                       | 26            | 17         | 100          | 132,60                     | 7                           | NC        |
| 9                       | 26            | 18         | 68           | 95,47                      | 7                           | NC        |
| 10                      | 26            | 18         | 78           | 109,51                     | 7                           | NC        |
| 11                      | 26            | 18         | 88           | 123,55                     | 7                           | NC        |
| 12                      | 26            | 18         | 88           | 123,55                     | 7                           | NC        |
| 13                      | 26            | 18         | 98           | 137,59                     | 7                           | C         |
| 14                      | 26            | 18         | 100          | 140,40                     | 7                           | C         |
| 15                      | 26            | 19         | 68           | 100,78                     | 7                           | NC        |
| 16                      | 26            | 19         | 78           | 115,60                     | 7                           | NC        |
| 17                      | 26            | 19         | 78           | 115,60                     | 7                           | NC        |
| 18                      | 26            | 19         | 88           | 130,42                     | 7                           | NC        |
| 19                      | 26            | 19         | 88           | 130,42                     | 7                           | NC        |
| 20                      | 26            | 19         | 98           | 145,24                     | 7                           | C         |
| 21                      | 26            | 19         | 100          | 148,20                     | 7                           | C         |
| 22                      | 26            | 20         | 68           | 106,08                     | 7                           | NC        |
| 23                      | 26            | 20         | 78           | 121,68                     | 7                           | NC        |
| 24                      | 26            | 20         | 78           | 121,68                     | 7                           | NC        |
| 25                      | 26            | 20         | 88           | 137,28                     | 7                           | NC        |
| 26                      | 26            | 20         | 88           | 137,28                     | 7                           | NC        |
| 27                      | 26            | 20         | 98           | 152,88                     | 7                           | C         |
| 28                      | 26            | 20         | 100          | 156,00                     | 7                           | C         |
| 29                      | 26            | 21         | 68           | 111,38                     | 7                           | NC        |
| 30                      | 26            | 21         | 78           | 127,76                     | 7                           | NC        |
| 31                      | 26            | 21         | 78           | 127,76                     | 7                           | NC        |
| 32                      | 26            | 21         | 88           | 144,14                     | 7                           | NC        |
| 33                      | 26            | 21         | 88           | 144,14                     | 7                           | NC        |
| 34                      | 26            | 21         | 98           | 160,52                     | 7                           | C         |
| 35                      | 26            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 36                      | 26            | 22         | 68           | 116,69                     | 7                           | NC        |
| 37                      | 26            | 22         | 78           | 133,85                     | 7                           | NC        |
| 38                      | 26            | 22         | 78           | 133,85                     | 7                           | NC        |
| 39                      | 26            | 22         | 88           | 151,01                     | 7                           | NC        |
| 40                      | 26            | 22         | 88           | 151,01                     | 7                           | NC        |
| 41                      | 26            | 22         | 98           | 168,17                     | 7                           | NC        |
| 42                      | 26            | 22         | 100          | 171,60                     | 7                           | NC        |
| 43                      | 26            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 44                      | 25            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 45                      | 24            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 46                      | 23            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 47                      | 22            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 48                      | 21            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 49                      | 20            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| 50                      | 19            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | NC        |
| 51                      | 20            | 18         | 98           | 137,59                     | 7                           | C         |
| 52                      | 20            | 18         | 100          | 140,40                     | 7                           | C         |
| 53                      | 20            | 19         | 98           | 145,24                     | 7                           | C         |
| 54                      | 20            | 19         | 100          | 148,20                     | 7                           | C         |
| 55                      | 20            | 20         | 98           | 152,88                     | 7                           | C         |
| 56                      | 20            | 20         | 100          | 156,00                     | 7                           | C         |
| 57                      | 20            | 21         | 98           | 160,52                     | 7                           | C         |
| 58                      | 20            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                           | C         |
| <b>C - Sem defeitos</b> |               |            |              | <b>NC - Com defeito</b>    |                             |           |

Tabela 8.2 – Experimentos aprovados na 2º fase

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Energia de Soldagem (J/mm) | Veocidade do Arame (m/min) | Resultado |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| 51          | 20            | 18         | 98           | 137,59                     | 7                          | C         |
| 52          | 20            | 18         | 100          | 140,40                     | 7                          | C         |
| 53          | 20            | 19         | 98           | 145,24                     | 7                          | C         |
| 54          | 20            | 19         | 100          | 148,20                     | 7                          | C         |
| 55          | 20            | 20         | 98           | 152,88                     | 7                          | C         |
| 56          | 20            | 20         | 100          | 156,00                     | 7                          | C         |
| 57          | 20            | 21         | 98           | 160,52                     | 7                          | C         |
| 58          | 20            | 21         | 100          | 163,80                     | 7                          | C         |

**C = Sem defeitos**

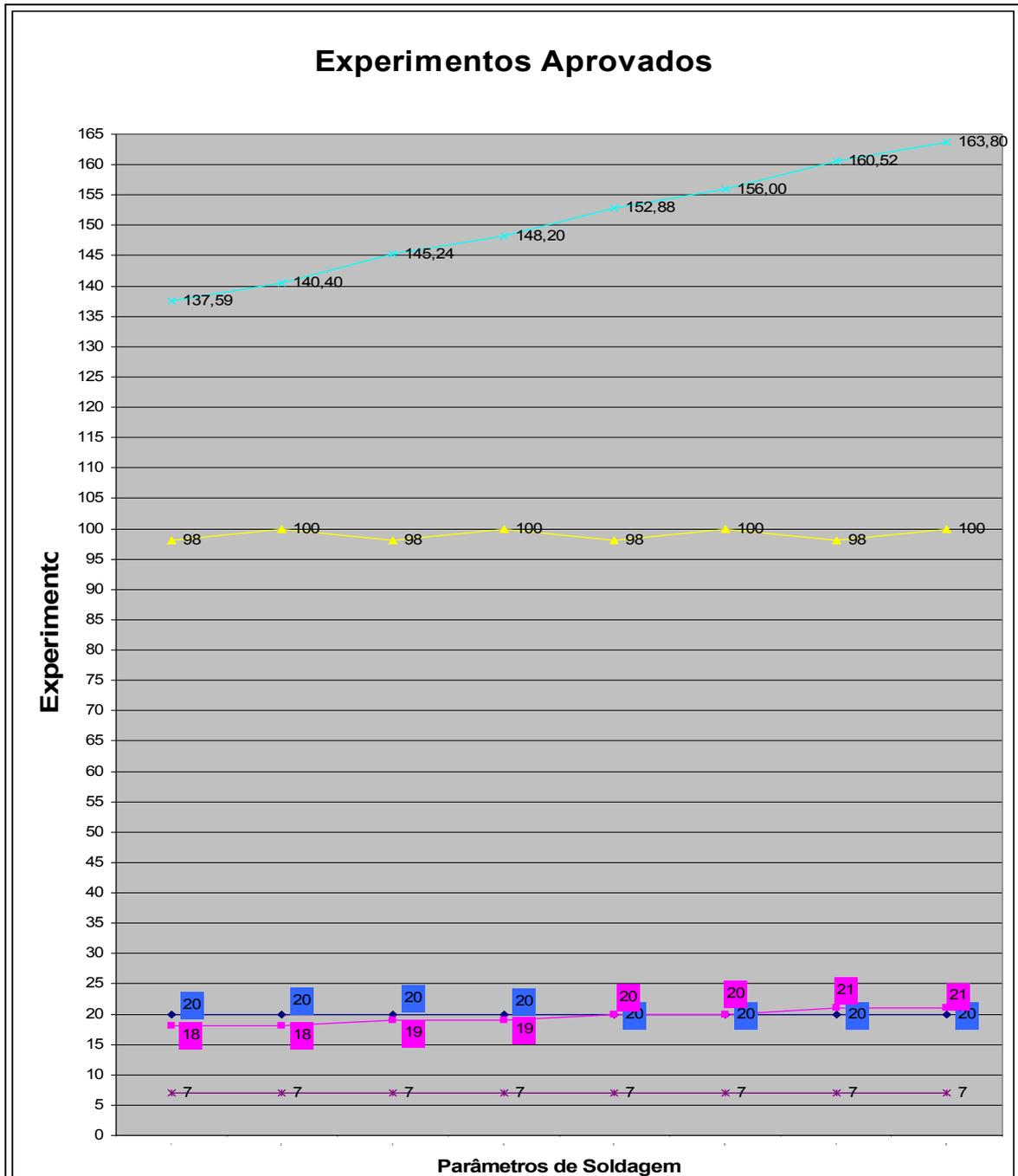


Figura 8.1 - Apresenta os dados da tabela 8.2 em linha

◆ Vazão (l/min)   
 ◆ Tensão (V)   
 ◆ Corrente (A)   
 ◆ Energia de Soldagem (J/mm)   
 ◆ Veocidade do Arame (m/min)

Para a realização da terceira etapa foram realizados mais oito experimentos com os dados obtidos dos experimentos 51 a 58, e confeccionadas 10 peças por experimento e após a realização desta etapa conforme apresentado na tabela 8.3. Os experimentos 51 e 58 apresentaram defeitos. O experimento 51 apresentou duas peças com falta de penetração devido à baixa energia que neste experimento era de 137,59 J/mm, já o experimento 58 apresentou perfuração também em duas peças devido ao excesso de energia do processo que era de 163,80 J/mm, ambos serão descartados para a próxima etapa. Conclui-se que a energia só deve variar de 140,40 a 163,52 J/mm para esta nova velocidade de avanço, sendo que a corrente só poderá variar de 98 a 100 A e a tensão de 18 a 21 V. Porém quando se trabalhar com uma tensão de 21 V só se pode trabalhar com uma corrente de 98 A. A figura 8.2 apresenta os dados da tabela 8.3 referente aos ensaios 52 a 57, em forma de gráfico de linha.

Tabela 8.3 – Experimentos da solda longitudinal 3º fase.

| Experimento | Vazão<br>(l/min) | Tensão<br>(V) | Corrente<br>(A) | Energia de Soldagem<br>(J/mm) | Velocidade do Arame<br>(m/min) | Resultado | Motivo da Reprovação             |
|-------------|------------------|---------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|----------------------------------|
| 51          | 20               | 18            | 98              | 137,59                        | 7                              | NC        | 2 peças -<br>Falta de Penetração |
| 52          | 20               | 18            | 100             | 140,40                        | 7                              | C         |                                  |
| 53          | 20               | 19            | 98              | 145,24                        | 7                              | C         |                                  |
| 54          | 20               | 19            | 100             | 148,20                        | 7                              | C         |                                  |
| 55          | 20               | 20            | 98              | 152,88                        | 7                              | C         |                                  |
| 56          | 20               | 20            | 100             | 156,00                        | 7                              | C         |                                  |
| 57          | 20               | 21            | 98              | 160,52                        | 7                              | C         |                                  |
| 58          | 20               | 21            | 100             | 163,80                        | 7                              | NC        | 2 peças -<br>Perfuração          |

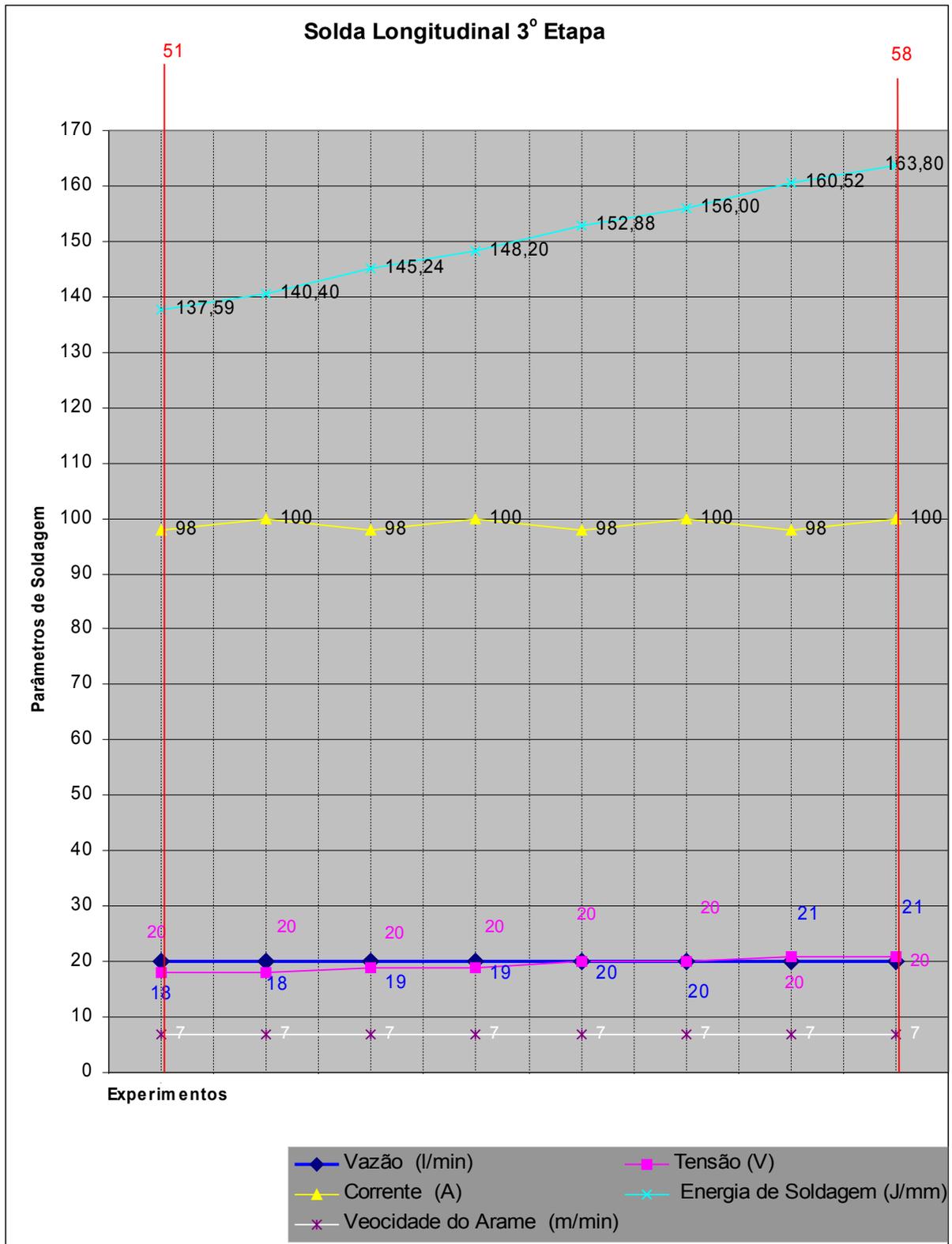


Figura 8.2 – Representação gráfica da tabela 8.3

A quarta etapa consiste em escolher das 10 peças produzidas por lote três peças aleatórias de cada experimento aprovado (52; 53; 54; 55; 56; 57) e submetê-los aos testes de microvazamento, pressão e de ruptura e verificar se os mesmos são aprovados com a adoção destes novos parâmetros. Os resultados encontram-se conforme descritos nas tabelas conforme tabela 8.4 a 8.9.

Tabela 8.4 – Ensaio do experimento 52

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 52 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 12/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 13/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8Mpa  |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 12/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Tabela 8.5 – Ensaio do experimento 53

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 53 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 12/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 13/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/62 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,2 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 12/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Tabela 8.6 – Ensaio do experimento 54

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 54 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 14/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 16/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/62 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,2 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 14/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Tabela 8.7 – Ensaio do experimento 55

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 55 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 19/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 20/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/62 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,2 Mpa |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 19/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Tabela 8.8 – Ensaio do experimento 56

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 56 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 21/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 22/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/62 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,2 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 21/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Tabela 8.9 – Ensaio do experimento 57

| <b>Ensaio realizado referente ao experimento 53 – Cilindro P6</b>    | <b>Corpo de Prova</b> | <b>Resultado</b>                                   |
|--|-----------------------|--|
| Realizado em 26/06/2006<br>6.3.1 - Ensaio para resistência a pressão | 1                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou deformações visíveis       |
| Realizado em 27/06/2006<br>6.3.2 - Ensaio de ruptura                 | 1                     | Aprovado Rompeu c/62 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,2 Mpa |
|  | 2                     | Aprovado Rompeu c/58 Kgf/cm <sup>2</sup> = 5,8 Mpa |
|  | 3                     | Aprovado Rompeu c/60 Kgf/cm <sup>2</sup> = 6,0 Mpa |
| 6.3.3 - Ensaio de funcionamento                                      | ***                   | *** Não realizado                                  |
| 6.3.4 - Ensaio de resistência à queda                                | ***                   | *** Não realizado                                  |
| Realizado em 26/06/2006<br>6.3.5 - Ensaio de micro-vazamento         | 1                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 2                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |
|  | 3                     | Aprovado Não apresentou vazamento.                 |

Durante a realização dos ensaios de ruptura, foi verificado que os corpos de prova passaram a romper também paralelamente a solda longitudinal e também fora da ZAT conforme apresentado na figura 8.3. O que já era de se esperar, pois mesmo aumentando os parâmetros de soldagem não houve aumento de energia no processo de soldagem. Antes da reengenharia a energia variava de 153,82 a 174,10 J/mm com energia média de 163,93 J/mm e hoje varia de 140,40 a 160,52 J/mm sendo que a energia média é de 150,40 J/mm o que demonstra uma redução da energia e comprova que as modificações dos parâmetros não aumentaram o aporte térmico, não havendo desta forma o comprometimento na qualidade do cilindro, no que se refere a sua resistência quanto à pressão. Desta forma, os seis experimentos apresentados nas tabelas 8.4 a 8.9 foram aprovados. A seguir foi realizada a quinta etapa.

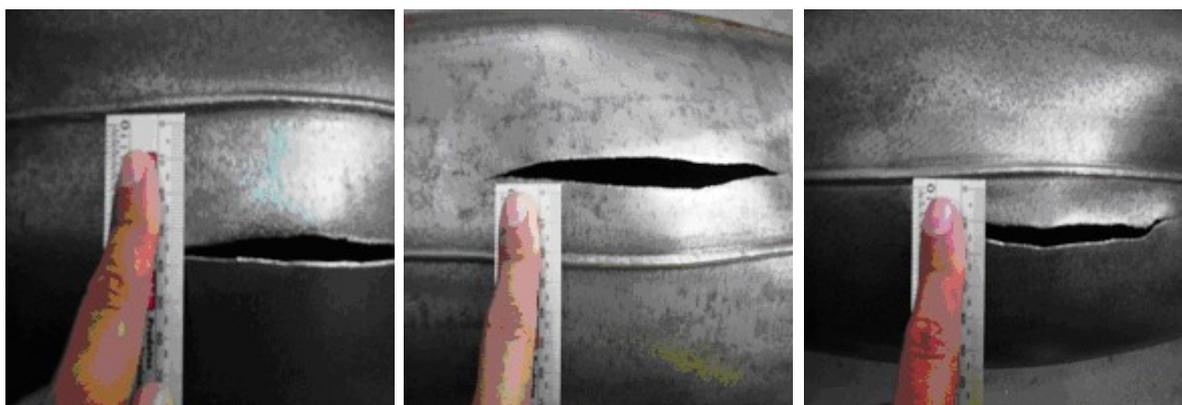


Figura 8.3 – Fotos de cilindros rompidos após a modificação dos parâmetros de soldagem

A quinta etapa consistiu em se fabricar 200 peças com cada parâmetro aprovado na etapa anterior, isto é, experimentos 52 a 57 e verificar se o processo de fabricação atende aos pré-requisitos estabelecidos quanto ao re-trabalho e ao sucateamento. Caso ultrapasse estes índices, o processo deve ser interrompido e trabalhar com outro parâmetro.

Nesta etapa foram produzidas 200 peças por parâmetro, sendo que a cada 50 peças o operador interrompia a fabricação e inspecionava as 50 peças. Após concluir todo o processo de soldagem, as peças foram submetidas ao ensaio de micro vazamento verificando se não havia defeitos na solda longitudinal. Desta forma estas 200 peças se transformaram em quatro sub-lotes que receberam a nomenclatura da seguinte forma: número do experimento mais as letras A, B, C e D. Como podemos verificar na tabela 8.10, apesar do experimento 52B apresentar melhor desempenho do que os outros, todos atingiram os índices pré-determinados.

Foi adotado como parâmetro padrão, para o processo de soldagem os parâmetros do experimento 52B e deixando margem para pequenos ajustes. A tabela 8.10 apresenta as condições de trabalho e suas faixas de variações. Os valores apresentados na tabela 8.10 coluna A e B, foram encontrados somados os valores de cada coluna. Os valores da coluna C e D, foram calculados com a média dos três valores.

Tabela 8.10 - Experimentos da solda longitudinal 5º fase.

| Experimento         | Inicio     | Termino    | Sub-lote | Retrabalho |        | Sucateamento |       | Resultado |
|---------------------|------------|------------|----------|------------|--------|--------------|-------|-----------|
|                     |            |            |          | Unid A     | Unid B | (%) C        | (%) D |           |
| 52B<br>200<br>Peças | 3/7/2006   | 6/7/2006   | 52 A     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 7/7/2006   | 12/7/2006  | 52 B     | 1          | 0      | 2%           | 0%    | C         |
|                     | 13/7/2006  | 17/7/2006  | 52 C     | 0          | 0      | 0%           | 0%    | C         |
|                     | 18/8/2006  | 21/7/2006  | 52 D     | 1          | 0      | 2%           | 0%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 3          | 1      | 1,50%        | 0,50% | C         |
| 53B<br>200<br>Peças | 24/7/2006  | 27/7/2006  | 53 A     | 0          | 1      | 0%           | 2%    | C         |
|                     | 28/7/2006  | 1/8/2006   | 53 B     | 1          | 0      | 2%           | 0%    | C         |
|                     | 2/8/2006   | 4/8/2006   | 53 C     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 7/8/2006   | 10/8/2006  | 53 D     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 3          | 3      | 1,50%        | 1,50% | C         |
| 54B<br>200<br>Peças | 11/8/2006  | 15/8/2006  | 54 A     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 16/8/2006  | 18/8/2006  | 54 B     | 0          | 0      | 0%           | 0%    | C         |
|                     | 21/8/2006  | 24/8/2006  | 54 C     | 0          | 1      | 0%           | 2%    | C         |
|                     | 25/8/2006  | 29/8/2006  | 54 D     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 2          | 3      | 1,00%        | 1,50% | C         |
| 55B<br>200<br>Peças | 30/8/2006  | 1/9/2006   | 55 A     | 1          |        | 2%           | 0%    | C         |
|                     | 4/9/2006   | 6/9/2006   | 55 B     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 8/9/2006   | 12/9/2006  | 55 C     | 0          | 0      | 0%           | 0%    | C         |
|                     | 13/9/2006  | 18/9/2006  | 55 D     | 2          | 1      | 4%           | 2%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 4          | 2      | 2,00%        | 1,00% | C         |
| 56B<br>200<br>Peças | 19/9/2006  | 22/9/2006  | 56 A     | 1          | 0      | 2%           | 0%    | C         |
|                     | 25/9/2006  | 27/9/2006  | 56 B     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 28/9/2006  | 2/10/2006  | 56 C     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 3/10/2006  | 6/10/2006  | 56 D     | 0          | 0      | 0%           | 0%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 3          | 2      | 1,50%        | 1,00% | C         |
| 57B<br>200<br>Peças | 9/10/2006  | 11/10/2006 | 57 A     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 13/10/2006 | 18/10/2006 | 57 B     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
|                     | 19/10/2006 | 23/10/2006 | 57 C     | 2          | 1      | 4%           | 2%    | C         |
|                     | 24/10/2006 | 27/10/2006 | 57 D     | 1          | 1      | 2%           | 2%    | C         |
| Resumo              |            |            |          | 5          | 4      | 1,50%        | 1,10% | C         |

Resumindo a tabela 8.10, iremos trabalhar com os seguintes parâmetros para a solda longitudinal, tabela 8.11.

Tabela 8.11 – Novos parâmetros da solda longitudinal

| <b>Parâmetros</b>        | <b>Valores Adotados</b> | <b>Variação</b>      |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Corrente                 | 98 A                    | 98 a 100 A           |
| Tensão                   | 18 V                    | 18 a 21 V            |
| Distância do bico        | 10 mm                   | ***                  |
| Velocidade de avanço     | 10 mm/s                 | ***                  |
| Velocidade do arame      | 7 m/min                 | ***                  |
| Vazão do gás de proteção | 20 l/min                | ***                  |
| Energia de soldagem      | 140,40 J/mm             | 140,40 a 160,52 J/mm |
| Fase da solda            | 3 mm                    | $\pm 1$ mm           |
| Reforço da fase da solda | 1 mm                    | $\pm 0,4$ mm         |

Para o cálculo da energia de soldagem da tabela 8.10 foi utilizada a equação (2.1) do item 2.2.2. Adotado o rendimento ( $f$ ) de 0,78 da tabela 2.2. que é o rendimento adotado para processo de solda tipo MAG (Santin, 2006).

Uma vez estabelecidos os parâmetros, faltava a elaboração de um procedimento detalhado para que o operador possa realizar todas as operações necessárias a obter uma solda sem defeito, com os parâmetros podendo variar dentro das faixas apresentada na tabela 8.11. Nesta etapa foi elaborado um novo procedimento, totalmente diferente do antigo procedimento (figura 6.4). O novo procedimento possui todas as informações necessárias para que o operador execute o processo. As figuras 8.12 e 8.13 apresentam o novo procedimento a ser seguido, elaborado a partir dos resultados dos ensaios executados.

| PREVENÇÃO   | <b>E.P.S. - ESPECIFICAÇÃO DE<br/>PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM<br/>(SOLDA LONGITUDINAL)</b> | Nº: IIX 748<br>Data: 26/12/2006<br>Aprovado: 27/12/2006<br>Rev.: 01 Fls.: 1/2 |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
|---|--|---|----|------------------------|------------------|----------------------------|---------------|--|------------|-----------------|------------|--|-------------------------|---------------------|-------------------|--|-------|----------------------|----------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------------|-------|------------------------------------|----------|-------------------------------|--------------|
| <b>Objetivo .:</b> Padronizar o processo de solda longitudinal.   |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <b>Processo .:</b> Tipo MAG <b>Tipo .:</b> Semi-automático <b>Junta .:</b> De topo com mata junta de cobre ou de cerâmica fixado no dispositivo.  |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
|   |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <b><u>PARÂMETROS</u></b>  |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">METAL BASE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material:</td> <td>SAE 1006 OU 1008</td> </tr> <tr> <td>Espessura metal base (mm):</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Posição:</td> <td>1G (Plana)</td> </tr> <tr> <td>Progressão:</td> <td>Automática</td> </tr> </tbody> </table>   |  | METAL BASE  |    | Material:              | SAE 1006 OU 1008 | Espessura metal base (mm): | 1,5           | Posição:   | 1G (Plana) | Progressão:     | Automática | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">METAL DE ADIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificação AWS</td> <td>A5.18</td> </tr> <tr> <td>Classe</td> <td>ER 70S-6</td> </tr> <tr> <td>Diâmetro (mm)</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Tipo de arame</td> <td>Arame Sólido</td> </tr> </tbody> </table> |                         | METAL DE ADIÇÃO     |                   | Especificação AWS  | A5.18 | Classe               | ER 70S-6 | Diâmetro (mm)         | 0,8                    | Tipo de arame                    | Arame Sólido |                       |       |                                    |          |                               |              |
| METAL BASE  |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Material:   | SAE 1006 OU 1008   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Espessura metal base (mm):  | 1,5  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Posição:  | 1G (Plana)   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Progressão:   | Automática   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| METAL DE ADIÇÃO   |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Especificação AWS   | A5.18  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Classe  | ER 70S-6   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Diâmetro (mm)   | 0,8  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Tipo de arame   | Arame Sólido   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corrente</td> <td>Contínua</td> </tr> <tr> <td>Polaridade</td> <td>Inversa (CC+)</td> </tr> <tr> <td>Tensão (V)</td> <td>18 a 21</td> </tr> <tr> <td>Corrente (A)</td> <td>98 a 100</td> </tr> <tr> <td>Velocidade soldagem</td> <td>10 mm/seg</td> </tr> <tr> <td>Energia de soldagem</td> <td>Media: 150,4 J/mm</td> </tr> </tbody> </table> |  | CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS   |    | Corrente               | Contínua         | Polaridade                 | Inversa (CC+) | Tensão (V)   | 18 a 21    | Corrente (A)    | 98 a 100   | Velocidade soldagem  | 10 mm/seg               | Energia de soldagem | Media: 150,4 J/mm | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TECNICAS DE SOLDAGEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modo de transferência</td> <td>Globular ou Arco Spray</td> </tr> <tr> <td>Distancia bico contato/peça (mm)</td> <td>10 mm</td> </tr> <tr> <td>Diâmetro bocal de gás</td> <td>16 mm</td> </tr> <tr> <td>Distancia entre fase da solda (mm)</td> <td>2 a 4 mm</td> </tr> <tr> <td>Reforço da fase da solda (mm)</td> <td>0,9 a 1,4 mm</td> </tr> </tbody> </table> |       | TECNICAS DE SOLDAGEM |          | Modo de transferência | Globular ou Arco Spray | Distancia bico contato/peça (mm) | 10 mm        | Diâmetro bocal de gás | 16 mm | Distancia entre fase da solda (mm) | 2 a 4 mm | Reforço da fase da solda (mm) | 0,9 a 1,4 mm |
| CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS   |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Corrente  | Contínua   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Polaridade  | Inversa (CC+)  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Tensão (V)  | 18 a 21  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Corrente (A)  | 98 a 100   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Velocidade soldagem   | 10 mm/seg  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Energia de soldagem   | Media: 150,4 J/mm  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| TECNICAS DE SOLDAGEM  |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Modo de transferência   | Globular ou Arco Spray   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Distancia bico contato/peça (mm)  | 10 mm  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Diâmetro bocal de gás   | 16 mm  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Distancia entre fase da solda (mm)  | 2 a 4 mm   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Reforço da fase da solda (mm)   | 0,9 a 1,4 mm   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pré-Aquecimento</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Interpasse</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Tratamento Térmico</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table>  |  | Pré-Aquecimento   | NA | Temperatura Interpasse | NA               | Tratamento Térmico         | NA            | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GÁS DE PROTEÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo - %</td> <td>Argônio 80%+<br/>CO2 20%</td> </tr> <tr> <td>Vazão (l/min)</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> |            | GÁS DE PROTEÇÃO |            | Tipo - %   | Argônio 80%+<br>CO2 20% | Vazão (l/min)       | 20                |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Pré-Aquecimento   | NA   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Temperatura Interpasse  | NA   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Tratamento Térmico  | NA   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| GÁS DE PROTEÇÃO   |  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Tipo - %  | Argônio 80%+<br>CO2 20%  |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Vazão (l/min)   | 20   |   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| <b>ELABORADO</b>  |  | <b>APROVADO</b>   |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Sergio Álvares da Costa Neves Filho   |  | Sabrina Cunha da Costa Neves  |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |
| Visto:  |  | Visto:  |    |                        |                  |                            |               |  |            |                 |            |  |                         |                     |                   |  |       |                      |          |                       |                        |                                  |              |                       |       |                                    |          |                               |              |

Figura 8.12 – Primeira parte do novo procedimento de soldagem para a solda longitudinal

|  |  |   |
|--|--|---|
| PREVENÇÃO  | <b>E.P.S. - ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (SOLDA LONGITUDINAL)</b> | Nº: IIX 748<br>Data: 26/12/2006<br>Aprovado : 27/12/2006<br>Rev.: 01 FIs: 2/2 |
| <p><b>1.0 - MATERIAL NECESSÁRIO</b></p> <p>Cilindro calandrado e pontiado;<br/>         Equipamento de soldagem tipo MIG/MAG;<br/>         Mistura contendo (Argônio 80% + CO2 20%);<br/>         Arame para solda 0,8 mm (ASME SFA – 5.18 / ER 70S-6);<br/>         Dispositivo de solda longitudinal;<br/>         Alicates de corte.</p> <p><b>2.0 - PROCEDIMENTO</b></p> <p>Verificar os parâmetros de soldagem;<br/>         Colocar a chapa calandrada e pontiada no dispositivo;<br/>         Fazer o posicionamento correto (junção das chapas com a pistola) , utilizar o dispositivo auxiliar;<br/>         Travar o fixador do dispositivo ; ( trava o cilindro no dispositivo);<br/>         Acionar o botão de ligar ;<br/>         Aguardar o processo terminar durante este tempo executar a inspeção visual ou ativar o outro dispositivo;<br/>         Retirar a peça e verificar se não há não conformidades, como peça furada ou solda fora das tolerâncias.</p> <p><b>3.0 - RESULTADO ESPERADO</b></p> <p>A chapa conformada e pontiada se transforma em um tubo com costura externa sem defeitos;<br/>         A solda Longitudinal deve atender aos critérios de aceitação;</p> <p><b>4.0 – CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b></p> <p>Não pode haver perfurações;<br/>         Reforço da fase da solda é de 1 mm + 0,4 mm;<br/>         Largura da margem entre soldas deve ser superior a 3 mm + 1 mm;<br/>         O processo de soldagem deve ser contínuo não pode ser interrompido por falta de arame, falta de fluxo ou falta de energia.</p> <p><b>Observação:</b> Caso apresente algum defeito o material deve ser separado e aguardar a posição do encarregado quanto à possibilidade ou não do retrabalho. Os índices de retrabalho e sucateamento ultrapassarem 4 e 2% respectivamente o processo deve ser interrompido aberto um relatório de não conformidade para apurar o ocorrido.</p> <p><b>5.0 – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI's)</b></p> <p>O material só deve ser manuseado estando o operador de posse de todos os EPI's .(Avental, Luvas e Máscara para solda com lentes escuras No 12).</p> <p><b>6.0 – REGISTRO</b></p> <p>Deve ser registrado na Ordem de Produção os dados referente ao processo, inclusive nome do operador e as quantidades de retrabalho e sucateamento do processo.</p> |  |   |

Figura 8.13 – Segunda parte do novo procedimento de soldagem para a solda longitudinal

## **8.2 Experimentos para Modificação dos Parâmetros da Solda da Tampa (Cúpula).**

Com a conclusão das modificações dos parâmetros da solda longitudinal onde foi possível aumentar a velocidade de avanço de 5 mm/s para 10 mm/s. O objetivo desta etapa também é conseguir atingir a maior velocidade de avanço possível, porém não será fixado um valor e sim tentar durante os experimentos aumentá-la ao máximo possível, corrigindo os outros parâmetros para a nova velocidade adotada, até atingir a maior velocidade de avanço possível sem defeitos. Como neste experimento a quantidade de variável é maior que a utilizada no item 7.1, acrescentamos mais uma etapa, que seria a redução da vazão do gás de proteção, gradativamente, sem comprometer a qualidade do cordão de solda. Esta etapa foi realizada logo após a determinação dos parâmetros que passaram na 3ª etapa. Este novo experimento foi realizado da seguinte forma:

1ª Etapa - Soldar uma peça com diâmetro de 146 mm, totalizando um cordão de solda com 488 mm, considerando um transpasse de 30 mm (o mesmo utilizado anteriormente 6.2). Iremos aumentar a velocidade de avanço e acertar os outros parâmetros para esta velocidade de forma a conseguir um cordão sem defeito. Este processo será repetido até se atingir a maior velocidade de avanço, no processo de solda, apresentando no final um cordão de solda livre de defeitos. Ficou definido que o cordão de solda deveria ter as seguintes características: distância da face da solda entre 8 a 12 mm e o reforço da face da solda entre 0,2 a 1 mm que eram os padrões anteriormente utilizados (item 6.2). Serão considerados defeitos ou não conformidade (NC) os cordões que não apresentarem estas especificações ou qualquer tipo de perfuração, porosidade ou mesmo a falta de penetração na junta é considerado defeito (Não Conformidade - NC):

2ª Etapa - Soldar 10 peças com os parâmetros que não apresentaram defeitos (lotes), serão descartados os parâmetros que não cumprirem esta etapa;

3ª Etapa – Reduzir o gás de proteção para o menor valor possível sem comprometer a qualidade da solda.

4ª Etapa - Preparar 3 peças e executar os testes de micro-vazamento e pressão de ensaio. Se aprovado, voltar à primeira etapa;

5ª Etapa - Realizar solda em 100 peças que devem atender ao seguinte pré-requisito de índice máximo: re-trabalho 4% e sucateamento de 2% para cada 50 peças produzidas;

6ª Etapa - Aprovado, elaborar os procedimentos.

Para os experimentos ficarem controlados, foram tomados como base os parâmetros anteriormente utilizados pela empresa, em seguida foi aumentado à velocidade de avanço e acertar os outros parâmetros para conseguirmos um cordão de solda sem defeitos. Esta operação foi repetida até o momento que com uma velocidade maior não seja mais possível obter um cordão sem defeito e dentro dos parâmetros pré-fixados. Não foi fixado um limite de energia para este experimento apenas tomou-se como base a energia máxima de soldagem antes utilizada que era de 189,80 J/mm, para montarmos as variações dos parâmetros. Quanto à variação do gás de proteção, partiu-se do parâmetro antes utilizado sendo reduzido gradativamente até atingir a menor vazão possível, sem comprometer a qualidade da solda (provocar porosidade). Os parâmetros devem variar de:

- Velocidade de avanço - Superior a 6 mm/s;
- Tensão - igual ou superior a 18 V;
- Corrente - igual ou superior a 68 A;
- Velocidade de arame - igual ou superior a 4 m/min;
- Vazão do gás - igual ou inferior a 26 l/min.

Nestes experimentos foram mantidos fixos os seguintes parâmetros:

- Tipo do gás de proteção - 80 % Argônio e 20% de CO<sub>2</sub>;
- Tipo do arame - ASME SFA – 5.18 - ER70S - Espessura 0,8 mm  
Fabricante ESAB - Lote: 06204331/2 - Data: 24/05/2006
- Máquina de solda - AristoPower 460 – Fabricante ESAB – 380V  
Trabalho em polaridade inversa (CC+) (Anexo I)
- Distância do bico a peças - 12 mm
- Chapa - Aço Carbono Fina Frio SAE 1008 – Espessura de 1,5 mm  
Fabricante Belgo Mineira -Lote 23415/2006-Data 20/04/2006

Na primeira etapa foram realizados 58 experimentos conforme apresentado na tabela 8.12, destes apenas dezesseis ensaios passaram para a próxima etapa levando em conta que o objetivo e conseguir a maior velocidade de avanço só foram considerados para a próxima etapa os experimentos com velocidade de avanço atingindo valores superiores ou iguais a 15 milímetros por segundo. Os que alcançaram este índice foram os experimentos: 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 53; 54; 55; e 56. Os outros quarenta e dois foram descartados. A tabela 8.13 apresenta apenas os ensaios que passaram na primeira etapa.

Ao termino desta etapa concluí-se que tensão só pode variar entre 24 e 25 volts, a corrente entre 158 a 182 ampères, a velocidade do arame entre 15 a 17 metros por minuto, a velocidade de avanço entre 15 a 17 milímetros por segundo e a energia de soldagem variou neste experimento de 197,18 a 210,60 joule por milímetros, um aumento significativo, se comparado com a energia máxima de soldagem antes utilizada que era de 189,80 joules por milímetro. A figura 8.14 apresenta os dados da tabela 8.13 na forma de gráfico de linha.

Tabela 8.12 – Experimento da solda de tampa (Cúpula)

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Vel.de Avanço (mm/s) | Energia de Soldagem (J/mm) | Vel.Arame (m/min) | Resultado |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------|----------------------------|-------------------|-----------|
| 1           | 26            | 18         | 68           | 7                    | 136,39                     | 4                 | NC        |
| 2           | 26            | 18         | 70           | 7                    | 140,40                     | 5                 | NC        |
| 3           | 26            | 18         | 72           | 7                    | 144,41                     | 5                 | C         |
| 4           | 26            | 19         | 72           | 9                    | 118,56                     | 5                 | NC        |
| 5           | 26            | 19         | 76           | 9                    | 125,15                     | 5                 | NC        |
| 6           | 26            | 19         | 76           | 9                    | 125,15                     | 6                 | NC        |
| 7           | 26            | 19         | 78           | 9                    | 128,44                     | 6                 | C         |
| 8           | 26            | 20         | 78           | 10                   | 121,68                     | 6                 | NC        |
| 9           | 26            | 20         | 78           | 10                   | 121,68                     | 7                 | NC        |
| 10          | 26            | 20         | 80           | 10                   | 124,80                     | 7                 | C         |
| 11          | 26            | 20         | 80           | 11                   | 113,45                     | 7                 | NC        |
| 12          | 26            | 21         | 80           | 11                   | 119,13                     | 7                 | NC        |
| 13          | 26            | 21         | 84           | 11                   | 125,08                     | 7                 | NC        |
| 14          | 26            | 21         | 90           | 11                   | 134,02                     | 7                 | NC        |
| 15          | 26            | 22         | 96           | 11                   | 149,76                     | 8                 | C         |
| 16          | 26            | 22         | 96           | 12                   | 137,28                     | 8                 | NC        |
| 17          | 26            | 23         | 98           | 12                   | 146,51                     | 9                 | NC        |
| 18          | 26            | 23         | 100          | 12                   | 149,50                     | 9                 | NC        |
| 19          | 26            | 23         | 108          | 12                   | 161,46                     | 9                 | C         |
| 20          | 26            | 24         | 108          | 13                   | 155,52                     | 9                 | NC        |
| 21          | 26            | 24         | 110          | 13                   | 158,40                     | 9                 | NC        |
| 22          | 26            | 24         | 120          | 13                   | 172,80                     | 9                 | NC        |
| 23          | 26            | 24         | 120          | 13                   | 172,80                     | 10                | NC        |
| 24          | 26            | 24         | 120          | 13                   | 172,80                     | 12                | NC        |
| 25          | 26            | 24         | 120          | 13                   | 172,80                     | 14                | C         |
| 26          | 26            | 24         | 124          | 14                   | 165,81                     | 14                | NC        |
| 27          | 26            | 24         | 126          | 14                   | 168,48                     | 14                | NC        |
| 28          | 26            | 24         | 130          | 14                   | 173,83                     | 14                | NC        |
| 29          | 26            | 24         | 132          | 14                   | 176,50                     | 14                | NC        |
| 30          | 26            | 24         | 135          | 14                   | 180,51                     | 14                | NC        |
| 31          | 26            | 24         | 140          | 14                   | 187,20                     | 14                | NC        |
| 32          | 26            | 24         | 145          | 14                   | 193,89                     | 14                | C         |
| 33          | 26            | 24         | 150          | 14                   | 200,57                     | 14                | C         |
| 34          | 26            | 24         | 152          | 14                   | 203,25                     | 14                | C         |
| 35          | 26            | 24         | 154          | 15                   | 192,19                     | 14                | NC        |
| 36          | 26            | 24         | 156          | 15                   | 194,69                     | 14                | NC        |
| 37          | 26            | 24         | 158          | 15                   | 197,18                     | 15                | C         |
| 38          | 26            | 24         | 160          | 15                   | 199,68                     | 15                | C         |
| 39          | 26            | 24         | 162          | 15                   | 202,18                     | 15                | C         |
| 40          | 26            | 24         | 164          | 15                   | 204,67                     | 15                | C         |
| 41          | 26            | 24         | 166          | 15                   | 207,17                     | 15                | C         |
| 42          | 26            | 24         | 168          | 15                   | 209,66                     | 16                | C         |
| 43          | 26            | 24         | 170          | 15                   | 212,16                     | 16                | C         |
| 44          | 26            | 24         | 172          | 16                   | 201,24                     | 16                | C         |
| 45          | 26            | 24         | 174          | 16                   | 203,58                     | 16                | C         |
| 46          | 26            | 24         | 176          | 16                   | 205,92                     | 16                | C         |
| 47          | 26            | 24         | 178          | 16                   | 208,26                     | 16                | C         |
| 48          | 26            | 24         | 180          | 16                   | 210,60                     | 16                | C         |
| 49          | 26            | 24         | 182          | 16                   | 212,94                     | 16                | NC        |
| 50          | 26            | 25         | 158          | 17                   | 181,24                     | 16                | NC        |
| 51          | 26            | 25         | 160          | 17                   | 183,53                     | 16                | NC        |
| 52          | 26            | 25         | 165          | 17                   | 189,26                     | 17                | NC        |
| 53          | 26            | 25         | 175          | 17                   | 200,74                     | 17                | C         |
| 54          | 26            | 25         | 178          | 17                   | 204,18                     | 17                | C         |
| 55          | 26            | 25         | 180          | 17                   | 206,47                     | 17                | C         |
| 56          | 26            | 25         | 182          | 17                   | 208,76                     | 17                | C         |
| 57          | 26            | 25         | 188          | 17                   | 215,65                     | 17                | NC        |
| 58          | 26            | 25         | 190          | 17                   | 217,94                     | 18                | NC        |

**Legenda: C – Sem defeitos ; NC – Com defeitos**

Tabela 8.13 – Resumo dos experimentos aprovados na 1º fase

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Vel.de Avanço (mm/s) | Energia de Soldagem (J/mm) | Vel.Arame (m/min) | Resultado |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------|----------------------------|-------------------|-----------|
| 37          | 26            | 24         | 158          | 15                   | 197,18                     | 15                | C         |
| 38          | 26            | 24         | 160          | 15                   | 199,68                     | 15                | C         |
| 39          | 26            | 24         | 162          | 15                   | 202,18                     | 15                | C         |
| 40          | 26            | 24         | 164          | 15                   | 204,67                     | 15                | C         |
| 41          | 26            | 24         | 166          | 15                   | 207,17                     | 15                | C         |
| 42          | 26            | 24         | 168          | 15                   | 209,66                     | 16                | C         |
| 43          | 26            | 24         | 170          | 15                   | 212,16                     | 16                | C         |
| 44          | 26            | 24         | 172          | 16                   | 201,24                     | 16                | C         |
| 45          | 26            | 24         | 174          | 16                   | 203,58                     | 16                | C         |
| 46          | 26            | 24         | 176          | 16                   | 205,92                     | 16                | C         |
| 47          | 26            | 24         | 178          | 16                   | 208,26                     | 16                | C         |
| 48          | 26            | 24         | 180          | 16                   | 210,60                     | 16                | C         |
| 53          | 26            | 25         | 175          | 17                   | 200,74                     | 17                | C         |
| 54          | 26            | 25         | 178          | 17                   | 204,18                     | 17                | C         |
| 55          | 26            | 25         | 180          | 17                   | 206,47                     | 17                | C         |
| 56          | 26            | 25         | 182          | 17                   | 208,76                     | 17                | C         |

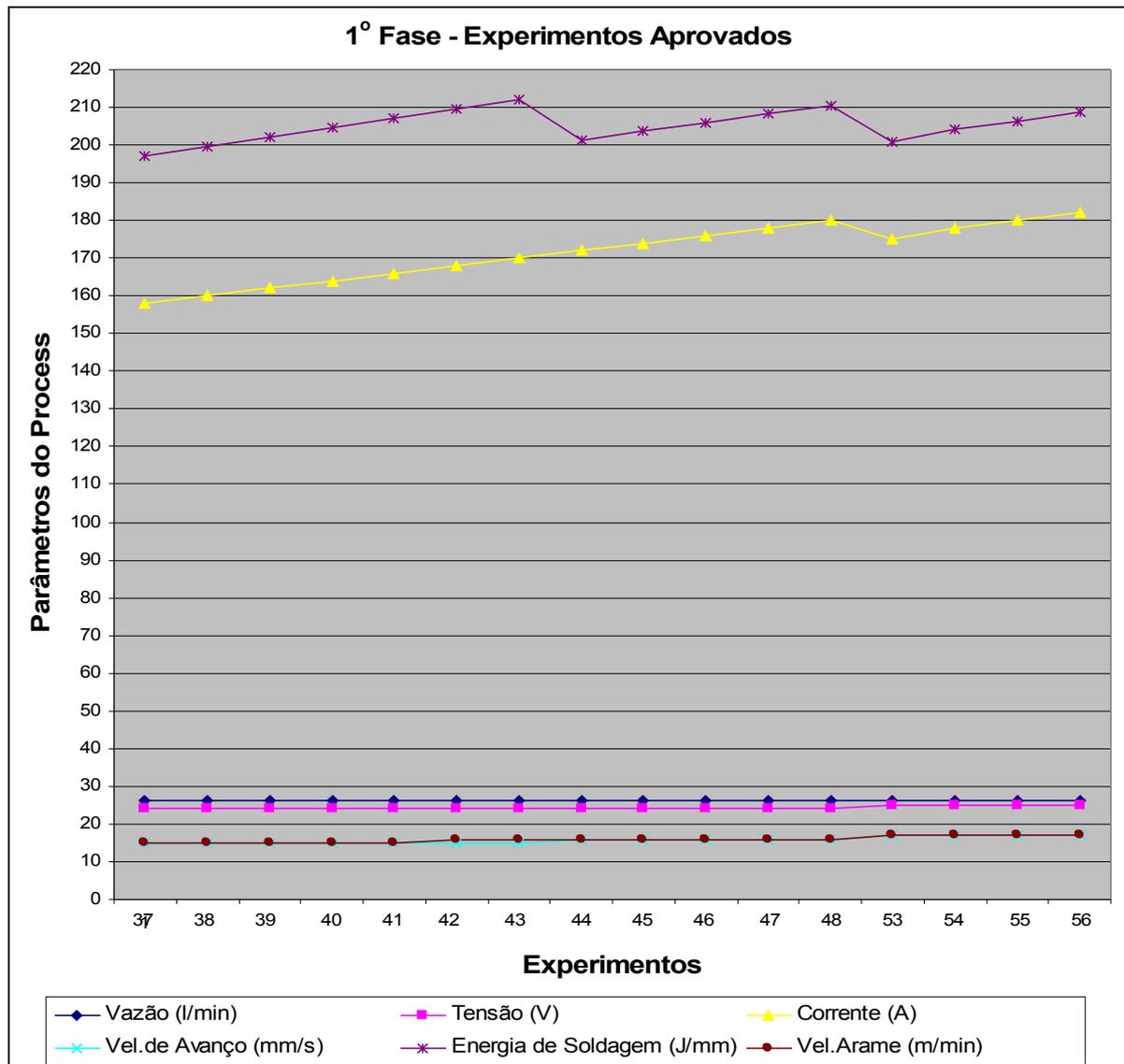


Figura 8.14 - Representação gráfica da tabela 8.13

Para realização da segunda etapa foram adotados apenas os experimentos com velocidades de avanço superiores a 15 milímetros por segundo, caso nenhum seja aprovado, será utilizado os parâmetros das velocidades de avanço imediatamente menores até atingir o objetivo deste estudo. Com os dados obtidos da fase anterior tabela 8.13, foram confeccionadas 10 peças por experimentos e verificado se não apresentavam defeitos nos cordões de solda. O experimento 37 apresentou uma peça com falta de penetração devido à baixa energia de soldagem utilizada, 197,18 joule por milímetro, já os experimentos 42, 43, 47, 48 e 56 apresentaram peças perfuradas devido à alta energia de soldagem, 209,66, 212,16, 208,26, 210,74 e 208,76 respectivamente. Conclui-se nesta etapa que a energia só pode variar entre 199,68 a 207,17 joule por milímetro com velocidade de avanço variando entre 15 a 17 milímetros por segundo, a corrente pode variar de 160 a 180 ampères e a tensão entre 24 a 25 volts o resultado desta 2ª etapa esta na tabela 8.14.

Tabela 8.14 – Condições de soldagem da 2ª fase do experimento da solda de tampa.

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Vel.de Avanço (mm/s) | Energia de Soldagem (J/mm) | Vel.do Arame (m/min) | Resultado | Motivo da Reprovação        |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|
| 37          | 26            | 24         | 158          | 15                   | <b>197,18</b>              | 15                   | NC        | 1 peça -falta de penetração |
| 38          | 26            | 24         | 160          | 15                   | 199,68                     | 15                   | C         |                             |
| 39          | 26            | 24         | 162          | 15                   | 202,18                     | 15                   | C         |                             |
| 40          | 26            | 24         | 164          | 15                   | 204,67                     | 15                   | C         |                             |
| 41          | 26            | 24         | 166          | 15                   | 207,17                     | 15                   | C         |                             |
| 42          | 26            | 24         | 168          | 15                   | <b>209,66</b>              | 16                   | NC        | 2 peças -perfurada          |
| 43          | 26            | 24         | 170          | 15                   | <b>212,16</b>              | 16                   | NC        | 3 peças -perfurada          |
| 44          | 26            | 24         | 172          | 16                   | 201,24                     | 16                   | C         |                             |
| 45          | 26            | 24         | 174          | 16                   | 203,58                     | 16                   | C         |                             |
| 46          | 26            | 24         | 176          | 16                   | 205,92                     | 16                   | C         |                             |
| 47          | 26            | 24         | 178          | 16                   | <b>208,26</b>              | 16                   | NC        | 1 peça -perfurada           |
| 48          | 26            | 24         | 180          | 16                   | <b>210,60</b>              | 16                   | NC        | 2 peças -perfurada          |
| 53          | 26            | 25         | 175          | 17                   | 200,74                     | 17                   | C         |                             |
| 54          | 26            | 25         | 178          | 17                   | 204,18                     | 17                   | C         |                             |
| 55          | 26            | 25         | 180          | 17                   | 206,47                     | 17                   | C         |                             |
| 56          | 26            | 25         | 182          | 17                   | <b>208,76</b>              | 17                   | NC        | 2 peças -perfurada          |

Como podemos verificar é possível trabalhar com uma velocidade de avanço de 15 a 17 mm/s, comparando-se a velocidade de avanço antes utilizada que era de 6 mm/s (item 7.2), há um aumento significativo na velocidade de avanço o que conseqüentemente haverá uma redução total no tempo do processo que será verificado posteriormente no capítulo IX.

Na terceira etapa dos experimentos reduziu-se o gás de proteção do experimento aprovado na fase anterior que obteve a maior velocidade de avanço (55), e reduzir gradativamente até o ponto de se obter um cordão de solda sem defeito (porosidade) com a menor vazão possível e como apresentado na tabela 8.15 a menor vazão obtida foi de 24 l/min. A segunda parte da terceira etapa era verificar se no momento de produzir 10 peças com os parâmetros dos experimentos: 38; 39; 40; 41; 44; 45; 46; 53; 54 com a nova vazão do gás de proteção e verificar se esta redução na vazão dos gás iria comprometer a qualidade dos cordões de solda, e conforme apresentado na tabela 8.16 a redução do gás de proteção de 26 para 24 litros por minuto não provocou defeito no cordão de soldagem o que acarreta uma economia de 7,69 % na vazão do gás de proteção.

Tabela 8.15 -3º Fase – Experimento reduzindo a vazão do gás de proteção

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Vel.de Avanço (mm/s) | Vel.Arame (m/min) | Resultado | Motivo da Reprovação |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------|----------------------|
| 55.1        | 26            | 25         | 180          | 17                   | 17                | C         | ***                  |
| 55.2        | 25            | 25         | 180          | 17                   | 17                | C         | ****                 |
| 55.3        | 24            | 25         | 180          | 17                   | 17                | C         | ****                 |
| 55.4        | 23            | 25         | 180          | 17                   | 17                | C         | Porosidade 3 peças   |
| 55.5        | 22            | 25         | 180          | 17                   | 17                | C         | Porosidade 4 peças   |

Tabela 8.16 - Experimento aprovados na 2º fase com a nova vazão do gás de proteção.

| Experimento | Vazão (l/min) | Tensão (V) | Corrente (A) | Vel.de Avanço (mm/s) | Energia de Soldagem (J/mm) | Vel.do Arame (m/min) | Resultado | Motivo da Reprovação |
|-------------|---------------|------------|--------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| 38          | 24            | 24         | 160          | 15                   | 199,68                     | 15                   | C         |                      |
| 39          | 24            | 24         | 162          | 15                   | 202,18                     | 15                   | C         |                      |
| 40          | 24            | 24         | 164          | 15                   | 204,67                     | 15                   | C         |                      |
| 41          | 24            | 24         | 166          | 15                   | 207,17                     | 15                   | C         |                      |
| 44          | 24            | 24         | 172          | 16                   | 201,24                     | 16                   | C         |                      |
| 45          | 24            | 24         | 174          | 16                   | 203,58                     | 16                   | C         |                      |
| 46          | 24            | 24         | 176          | 16                   | 205,92                     | 16                   | C         |                      |
| 53          | 24            | 25         | 175          | 17                   | 200,74                     | 17                   | C         |                      |
| 54          | 24            | 25         | 178          | 17                   | 204,18                     | 17                   | C         |                      |
| 55          | 24            | 25         | 180          | 17                   | 206,47                     | 17                   | C         |                      |

A quarta etapa consiste em escolher aleatoriamente três peças dos lotes da experiência aprovada na fase anterior (tabela 8.16) e submeter-los aos testes de micro-vazamento e de pressão de ensaio, objetivando verificar se os novos parâmetros atende aos pré-requisitos normativos da NBR 10721. A tabela 8.17 apresenta os resultados dos ensaios e todos os experimentos passaram nesta fase.

Propositalmente não foi realizado o ensaio de ruptura, por entender que devido aos resultados obtidos no item 8.1, à ruptura só se da paralelamente a solda longitudinal, logo, a realização deste ensaio só iria onerar o estudo. Este ensaio será realizado após a quinta etapa nos experimentos que obtiverem os menores índices sucateamento e de retrabalho.

Tabela 8.17 - 4º Etapa - Ensaios normativos dos experimentos aprovados na 3º etapa

| Experimento | Data do Experimento | Corpo Prova | Item 5.3.1 - Ensaio de Resistência Pressão | 5.3.5 – Ensaio de Micro-vazamento |
|-------------|---------------------|-------------|--|-----------------------------------|
| 38          | 6/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 39          | 6/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 40          | 7/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 41          | 7/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 44          | 8/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 45          | 9/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 46          | 9/11/2006           | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 53          | 10/11/2006          | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 54          | 10/11/2006          | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
| 55          | 11/11/2006          | A           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | B           | Aprovado                                   | Aprovado                          |
|             |                     | C           | Aprovado                                   | Aprovado                          |

A quinta etapa consistiu em fabricar 100 peças com cada parâmetro aprovado na etapa anterior (tabela 8.16) e verificar se que durante o processo de fabricação esta atende aos pré-requisitos estabelecidos quanto ao re-trabalho e ao sucateamento. Caso ultrapasse estes índices, o processo deve ser interrompido e trabalhar com outro parâmetro. As 100 peças produzidas por experimento foram divididas em dois sub-lotes cada um com 50 peças escolhidas aleatoriamente que receberiam a seguinte nomenclatura, número do experimento mais as letras A e B. Comparando este experimento com o do item 8.1 tabela 8.10 pode-se verificar uma diminuição na amostragem de 200 para 100 peças esta diminuição foi motivada pela necessidade da redução nos custos referente aos experimentos. A tabela 8.18 apresenta o resultado desta etapa, os valores apresentados na coluna A e B são resultado da soma dos valores de cada coluna. Os valores da coluna C e D foram encontrados através da media dos dois valores da mesma coluna e do mesmo experimento.

O melhor resultado foi a do experimento 40 que apesar de apresentar um índice de re-trabalho de 2% apresentou o menor índice médio de sucateamento apenas 0,5% o que representa a melhor situação em termos de economia para a empresa, já que a uma diminuição nas peças sucateadas. Com o resultado desta etapa adotou-se como os parâmetros padrões para o processo de soldagem da tampa, os resultados do experimento de numero 40. A tabela 8.19 apresenta como valor principal os parâmetros referente ao experimento numero 40, na coluna de variação esta apresentado valores nos quais o operador pode trabalhar, estes dados foram retirados dos outros experimentos também aprovados.

Tabela 8.18 –Experimento da solda de tampa 5º fase.

| Experimento   | Data       |            | Sub-Lote | Retrabalho Sucateamento |          | Retrabalho Sucateamento |             | Resultado<br>(50 peças) |
|---------------|------------|------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------|-------------------------|
|               | Inicio     | Termino    |          | Unid (A)                | Unid (B) | (%) (C)                 | (%) (D)     |                         |
| 38            | 13/11/2006 | 14/11/2006 | A        | 2                       | 0        | 4,0%                    | 0,0%        | C                       |
|               | 16/11/2006 | 17/11/2006 | B        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>3,0%</b>             | <b>1,0%</b> | <b>C</b>                |
| 39            | 18/11/2006 | 20/11/2006 | A        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 2,0%        | C                       |
|               | 21/11/2006 | 22/11/2006 | B        | 2                       | 0        | 4,0%                    | 0,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>3,0%</b>             | <b>1,0%</b> | <b>C</b>                |
| 40            | 23/11/2006 | 24/11/2006 | A        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 0,0%        | C                       |
|               | 25/11/2006 | 27/11/2006 | B        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 1,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>2,0%</b>             | <b>0,5%</b> | <b>C</b>                |
| 41            | 28/11/2006 | 29/11/2006 | A        | 1                       | 0        | 2,0%                    | 0,0%        | C                       |
|               | 30/11/2006 | 1/12/2006  | B        | 0                       | 1        | 0,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>1,0%</b>             | <b>1,0%</b> | <b>C</b>                |
| 44            | 2/12/2006  | 4/12/2006  | A        | 1                       | 2        | 2,0%                    | 4,0%        | C                       |
|               | 5/12/2006  | 6/12/2006  | B        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>3,0%</b>             | <b>3,0%</b> | <b>C</b>                |
| 45            | 7/12/2006  | 8/12/2006  | A        | 1                       | 0        | 2,0%                    | 0,0%        | C                       |
|               | 9/12/2006  | 11/12/2006 | B        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>2,0%</b>             | <b>1,0%</b> | <b>C</b>                |
| 46            | 12/12/2006 | 13/12/2006 | A        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        | C                       |
|               | 14/12/2006 | 15/12/2006 | B        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>4,0%</b>             | <b>2,0%</b> | <b>C</b>                |
| 53            | 16/12/2006 | 18/12/2006 | A        | 1                       | 1        | 2,0%                    | 2,0%        | C                       |
|               | 19/12/2006 | 20/12/2006 | B        | 3                       | 1        | 6,0%                    | 2,0%        | NC                      |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>4,0%</b>             | <b>2,0%</b> | <b>C</b>                |
| 54            | 21/12/2006 | 22/12/2006 | A        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        |                         |
|               | 23/12/2006 | 23/12/2006 | B        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>4,0%</b>             | <b>2,0%</b> | <b>C</b>                |
| 55            | 27/12/2006 | 28/12/2006 | A        | 2                       | 1        | 4,0%                    | 2,0%        |                         |
|               | 29/12/2006 | 30/12/2006 | B        | 1                       | 0        | 2,0%                    | 2,0%        | C                       |
| <b>Resumo</b> |            |            |          |                         |          | <b>3,0%</b>             | <b>2,0%</b> | <b>C</b>                |

Tabela 8.19 – Novos parâmetros da solda tampa (Cúpula)

| <b>Parâmetros</b>        | <b>Valores Adotados</b> | <b>Variação</b>      |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Corrente                 | 164 A                   | 160 a 180 A          |
| Tensão                   | 24 V                    | 24 a 25 V            |
| Distancia do Bico        | 10 mm                   | + 2mm                |
| Velocidade de Avanço     | 15 mm/s                 | 15 a 17 mm/s         |
| Velocidade do Arame      | 15 m/min                | 15 a 17 m/min        |
| Vazão do Gás de Proteção | 24 l/min                | ***                  |
| Energia de Soldagem      | 204,67 J/mm             | 199,68 a 207,17 J/mm |
| Fase da solda            | 10 mm                   | 8 a 12 mm            |
| Reforço da fase da solda | 0,5 mm                  | 0,2 a 1 mm           |

Com os parâmetros já estabelecidos, e para comprovar a afirmação da não necessidade do ensaio de ruptura devido à ruptura se dar paralelamente ao cordão de solda longitudinal. A tabela 8.20 apresenta o resultado dos ensaios de ruptura em três peças do experimento 40, o que comprovou a afirmação que a ruptura do cilindro continua a ocorrer paralelamente ao cordão de solda mesmo depois de modificado também os parâmetros de solda da tampa.

Tabela 8.20 – Ensaio de ruptura do experimento 40

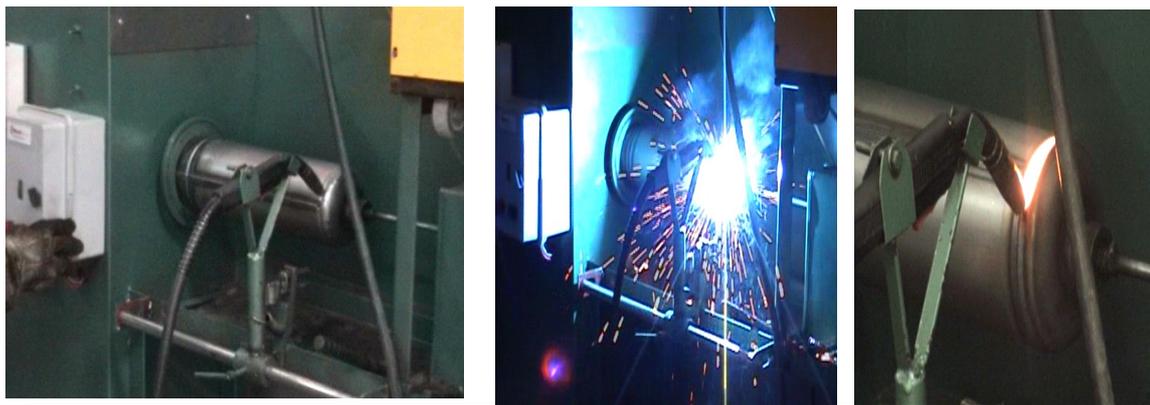
| Corpo de Prova do Experimento 40 | Pressão de Ruptura                | Foto do local da ruptura do cilindro   |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| A                                | Rompeu com 59 Kgf/cm <sup>2</sup> |    |
| B                                | Rompeu com 61 Kgf/cm <sup>2</sup> |   |
| C                                | Rompeu com 60 Kgf/cm <sup>2</sup> |  |

Uma vez estabelecidos os novos parâmetros (tabela 8.19), faltava a elaboração de um procedimento detalhado para que o operador possa realizar todas as operações necessárias a obter uma solda sem defeito, com os parâmetros podendo variar dentro das faixas apresentada na tabela 8.10. Nesta etapa foi elaborado um novo procedimento, totalmente diferente do antigo procedimento (figura 6.8). O novo procedimento possui todas as informações necessárias para que o operador execute o processo. As figuras 8.15 e 8.16 apresentam o novo procedimento a ser seguido, elaborado a partir dos resultados dos ensaios executados.

|                  |   |  |
|------------------|---|--|
| <b>PREVENÇÃO</b> | <b>E.P.S. - ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (SOLDA TAMPA)</b> | Nº: IIX 754<br>Data: 05/02/2007<br>Aprovado : 08/02/2007<br>Rev.: 01 Fls.: 1/2 |
|------------------|---|--|

**Objetivo .: Padronizar o processo de solda de Tampa.**

|                           |                              |                             |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Processo:</b> Tipo MAG | <b>Tipo:</b> Semi-automático | <b>Junta:</b> De Sobre Por. |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|



### PARÂMETROS

| METAL BASE                 |                  | METAL DE ADIÇÃO   |              |
|----------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Material :                 | SAE 1006 OU 1008 | Especificação AWS | A5.18        |
| Espessura metal base (mm): | 1,5              | Classe            | ER 70S-6     |
| Posição:                   | 1G (Plana)       | Diâmetro (mm)     | 0,8          |
| Progressão:                | Automática       | Tipo de arame     | Arame Sólido |

| CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS |               |                      | TECNICAS DE SOLDAGEM               |                                     |
|---------------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Corrente                  | Contínua      | ***                  | Modo de transferência              | Globular ou Arco Spray              |
| Polaridade                | Reversa (CC+) | ***                  | Distancia bico contato/peça (mm)   | 10 a 12 mm                          |
| Tensão (V)                | 24            | 24 a 25              | Diâmetro bocal de gás              | 16 mm                               |
| Corrente (A)              | 164           | 160 a 180            | Distancia entre fase da solda (mm) | 8 a 12 mm                           |
| Velocidade soldagem       | 15 mm/s       | 15 a 17 mm/s         | Reforço da fase da solda (mm)      | 0,2 a 1,0 mm                        |
| Energia de soldagem       | 204,67 J/mm   | 199,68 a 207,17 J/mm |                                    |                                     |
| Pré-Aquecimento           | NA            | NA                   | GÁS DE PROTEÇÃO                    |                                     |
| Temperatura Interpasse    | NA            | NA                   | Tipo - %                           | Argônio 80%+ 20% de CO <sub>2</sub> |
| Tratamento Térmico        | NA            | NA                   | Vazão (l/min)                      | 24                                  |

| ELABORADO                                      | APROVADO                               |
|--|--|
| Sergio Álvares da Costa Neves Filho<br>Visto.: | Sabrina Cunha da Costa Neves<br>Visto: |

Figura 8.15 – Primeira parte do novo procedimento de soldagem para a solda de tampa

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>PREVENÇÃO</b></p>  | <p><b>E.P.S. - ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (SOLDA TAMPA)</b></p> | <p>Nº: IIX 754<br/>         Data: 05/02/2007<br/>         Aprovado : 08/02/2007<br/>         Rev.: 01 FIs.: 1/2</p> |
| <p><b>1.0 - MATERIAL NECESSÁRIO</b></p>  |  |   |
| <p>Cilindro com fundo soldado e com o frizamento da tampa;<br/>         Equipamento de soldagem tipo MIG/MAG;<br/>         Mistura contendo (Argônio 80% + CO2 20%);<br/>         Arame para solda 0,8 mm (AWS A5.18 / ER 70S-6);<br/>         Dispositivo de solda tampa;<br/>         Alicates de corte.</p>   |  |   |
| <p><b>2.0 - PROCEDIMENTO</b></p>   |  |   |
| <p>Verificar os parâmetros de soldagem;<br/>         Colocar a tampa com o gargalo já soldado no dispositivo;<br/>         Fazer o posicionamento correto (junção das chapas com a pistola);<br/>         Acionar o botão de ligar;<br/>         Aguardar o processo terminar durante este tempo executar a inspeção visual ou ativar o outro dispositivo;<br/>         Retirar a peça e verificar se não há não conformidades, com a peça furada ou solda fora das tolerâncias.</p> |  |   |
| <p><b>3.0 - RESULTADO ESPERADO</b></p>   |  |   |
| <p>Cordão de solda dentro dos parâmetros especificados, largura entre fases e Reforço;<br/>         Cordão de solda isenta de porosidade;<br/>         Transpasse do cordão de 20 a 30 mm.</p>   |  |   |
| <p><b>4.0 – CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b></p>  |  |   |
| <p>Não pode haver perfurações;<br/>         Reforço da fase da solda é de 0,2 a 1 mm;<br/>         Distância entre fases da solda é de 8 a 12 mm;<br/>         O processo de soldagem deve ser contínuo não pode ser interrompido por falta de arame, falta de fluxo ou falta de energia.</p>  |  |   |
| <p><b>Observação:</b> Caso apresente algum defeito o material deve ser separado e aguardar a posição do encarregado quanto à possibilidade ou não do retrabalho. Os índices de retrabalho e sucateamento ultrapassarem 4 e 2% respectivamente o processo deve ser interrompido aberto um relatório de não conformidade para apurar o ocorrido.</p>   |  |   |
| <p><b>5.0 – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI's)</b></p>  |  |   |
| <p>O material só deve ser manuseado estando o operador de posse de todos os EPI's. (Avental, Luvas e Máscara para solda com lentes escuras No 12).</p>   |  |   |
| <p><b>6.0 – REGISTRO</b></p>   |  |   |
| <p>Devem ser registrados na Ordem de Produção os dados referentes ao processo, inclusive nome do operador e as quantidades de retrabalho e sucateamento do processo.</p>   |  |   |

Figura 8.16 – Segunda parte do novo procedimento de soldagem para a solda de tampa

## 9. SITUAÇÃO DA EMPRESA APÓS A REGENHARIA

Neste capítulo iremos comparar os resultados obtidos com a implantação da reengenharia de processos empresariais na empresa em estudo. Serão apresentadas as modificações que ocorreram em outros setores da empresa. Aqueles que não sofreram o processo de reengenharia apresentaram também resultados positivos durante este trabalho.

### 9.1 Comercial

Mesmo não tendo sido implantada a RPE no setor comercial, houve uma movimentação em todo o âmbito da empresa. A empresa em estudo durante o ano de 2006 investiu em propaganda participando de feiras e eventos destinados ao seu público alvo. O resultado deste trabalho aumentou as vendas impulsionadas principalmente pela redução no custo do extintor de incêndio, possibilitando que o preço de venda fosse reduzido em 13%. Para o decorrer do ano de 2007 a empresa em estudo, prevê um crescimento na ordem de 30% motivada pela expansão de seu mercado com a abertura de pontos de vendas em Maceió, João Pessoa e Sergipe. A tabela 9.1 apresenta as diferenças ocorridas antes e depois da RPE e como pode ser verificado houve um aumento em todos os itens comercializados pela empresa. A fabricação de Pó Químico aumentou de 67 toneladas para 147 toneladas devido a dois fatores: o primeiro é que com a certificação do produto (conseguiu no ano de 2006) houve um aumento nas vendas e a outra razão, foi decorrente ao aumento na produção de extintores conseqüentemente houve um aumento também do consumo interno da mesma.

Tabela 9.1 – Levantamento da produção anual antes e depois da RPE.

| <b>Produto ou Serviço</b>                        | <b>Produção Antes da RPE</b> | <b>Produção Após a RPE</b> | <b>Porcentagem de Aumento</b> |
|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Fabricação de Extintores de Incêndio             | 10.036 Unidades              | 11.055 Unidades            | 10,16%                        |
| Manutenção de Extintores                         | 29.946 Unidades              | 36.476 Unidades            | 21,80%                        |
| Fabricação de Pó Químico Seco                    | 68 Toneladas                 | 147 Toneladas              | 116,18%                       |
| Serviço de Teste em Cilindros de GNV             | 1.120 Unidades               | 1.518 Unidades             | 35,54%                        |
| Serviço de Teste em Cilindros de Aço sem Costura | 70 Unidades                  | 137 Unidades               | 95,71%                        |

Ao ser levantado o número de orçamentos realizados pela empresa antes e depois da reengenharia, verificou-se que não houve aumento significativo neste numero. O aumento foi de apenas 3,28 %, porém, o grande ganho se dá no número de orçamentos aprovados, que passou para 60,45%. Isto comprova um aumento nos negócios realizados após a implantação da RPE. A tabela 9.2 indica o levantamento destes dados, a figura 9.1 apresenta a representação desta tabela na forma de gráfico tipo pizza.

Tabela 9.2 - Número de orçamentos realizados antes e depois da RPE

|                                 | Antes da RPE |               | Apos RPE    |               |
|---------------------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
|                                 | Quantidade   | Porcentagem   | Quantidade  | Porcentagem   |
| <b>Nº Orçamentos Elaborados</b> | <b>2624</b>  | <b>***</b>    | <b>2713</b> | <b>***</b>    |
| <b>Vendas Concretizadas</b>     | <b>1420</b>  | <b>54,12%</b> | <b>1640</b> | <b>60,45%</b> |
| <b>Sem definição</b>            | <b>637</b>   | <b>24,28%</b> | <b>738</b>  | <b>27,20%</b> |
| <b>Perdidos</b>                 | <b>567</b>   | <b>21,61%</b> | <b>335</b>  | <b>12,35%</b> |

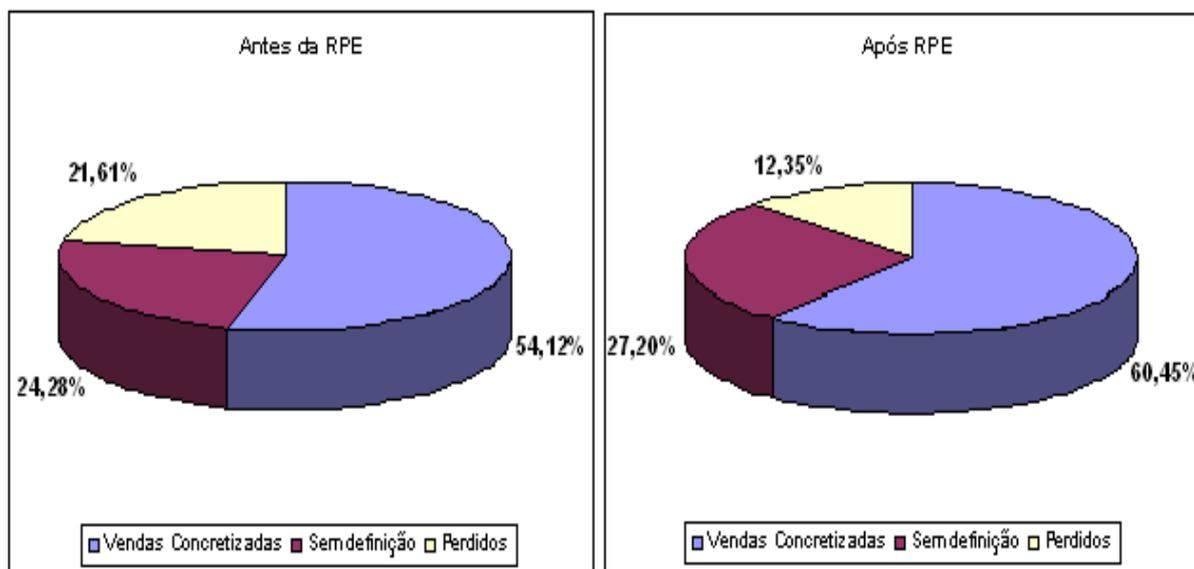


Figura 9.1- Comparativo referente aos orçamentos emitidos antes e após RPE

Com um maior número de negócios a carteira de clientes aumentou, principalmente os clientes de GNV e de Pó Químico, já os clientes de indústrias tomando como base a tabela 5.4 apresentada no capítulo V podemos perceber que houve um pequeno aumento no número de clientes nas indústrias, cinco novos clientes um aumento de 2,65%. Este resultado já era esperado, devido ao pouco tempo de monitoramento, apenas seis meses, a conquista de novas indústrias requer tempo, pois estas possuem contratos com prazo determinado e só ha troca de fornecedores após o término do contrato vigente. A tabela 9.3 apresenta este levantamento.

Tabela 9.3 - Levantamento das indústrias de Pernambuco com mais de 30 funcionários

| Localidades Levantadas  | Clientes em Potencial | Clientes Atendidos Antes da RPE (ano 2005) | Clientes Atendidos Após a RPE (ano 2006) |
|-------------------------|-----------------------|--|--|
| Recife                  | 273                   | 125  | 127                                      |
| Paulista                | 30                    | 9  | 9  |
| Paudalho                | 15                    | 2  | 2  |
| Olinda                  | 37                    | 19   | 20                                       |
| Jaboatão dos Guararapes | 61                    | 14   | 15                                       |
| Camaraçibe              | 9                     | 2  | 2  |
| Cabo Santo Agostinho    | 38                    | 15   | 16                                       |
| Ipojuca                 | 8                     | 4  | 4  |
| <b>TOTAL</b>            | <b>471</b>            | <b>190</b>                                 | <b>195</b>                               |

## 9.2 Dos Processos

Com as mudanças realizadas nos dispositivos de soldagem (Capítulo VII), bem como as modificações dos parâmetros de soldagem (Capítulo VIII) resultaram no aumento da produção, com uma redução nos índices de retrabalho e sucateamento. O trabalho de reengenharia possibilitou a diminuição nos custos de fabricação dos cilindros como será mostrado mais adiante. Todo o estudo foi realizado tomando como base o cilindro de P 6. A tabela 9.4 apresenta a redução dos tempos de processo antes e depois da RPE e a figura 9.2 apresenta os valores da tabela 9.4 em forma de gráfico tipo colunas. Como podemos perceber o tempo de fabricação de uma peça que antes era de 824 segundos passou a ser de 732 segundos, o que provocou uma redução de 12,6% no tempo de processo só aplicando RPE em 2 processos. Na solda longitudinal houve uma redução de 51,2 % e relação ao tempo de processo utilizado antes da RPE na solda de tampa houve uma redução de 92% deste tempo.

Tabela 9.4 – Comparativo entre os tempos de processos antes de depois da RPE

| Etapas de Fabricação     | Fabricação do cilindro P 6 (s) |            |
|--------------------------|--------------------------------|------------|
|                          | Antes da RPE                   | Após a RPE |
| Corte da chapa           | 32                             | 32         |
| Estampagem<br>Numeração  | 19                             | 19         |
| Estampagem               | 19                             | 19         |
| Conformação              | 29                             | 29         |
| Calandragem              | 64                             | 64         |
| Pontamento               | 45                             | 45         |
| Solda Longitudinal       | 136                            | 90         |
| Frisagem do Fundo        | 70                             | 70         |
| Fundo                    | 49                             | 49         |
| Frisagem da Tampa        | 79                             | 79         |
| Solda do Fundo           | 50                             | 50         |
| Solda da Tampa           | 96                             | 50         |
| Solda do Gargalo         | 36                             | 36         |
| Corte da Tampa           | 32                             | 32         |
| Microvazamento           | 68                             | 68         |
| <b>Tempo Total (seg)</b> | <b>824</b>                     | <b>732</b> |

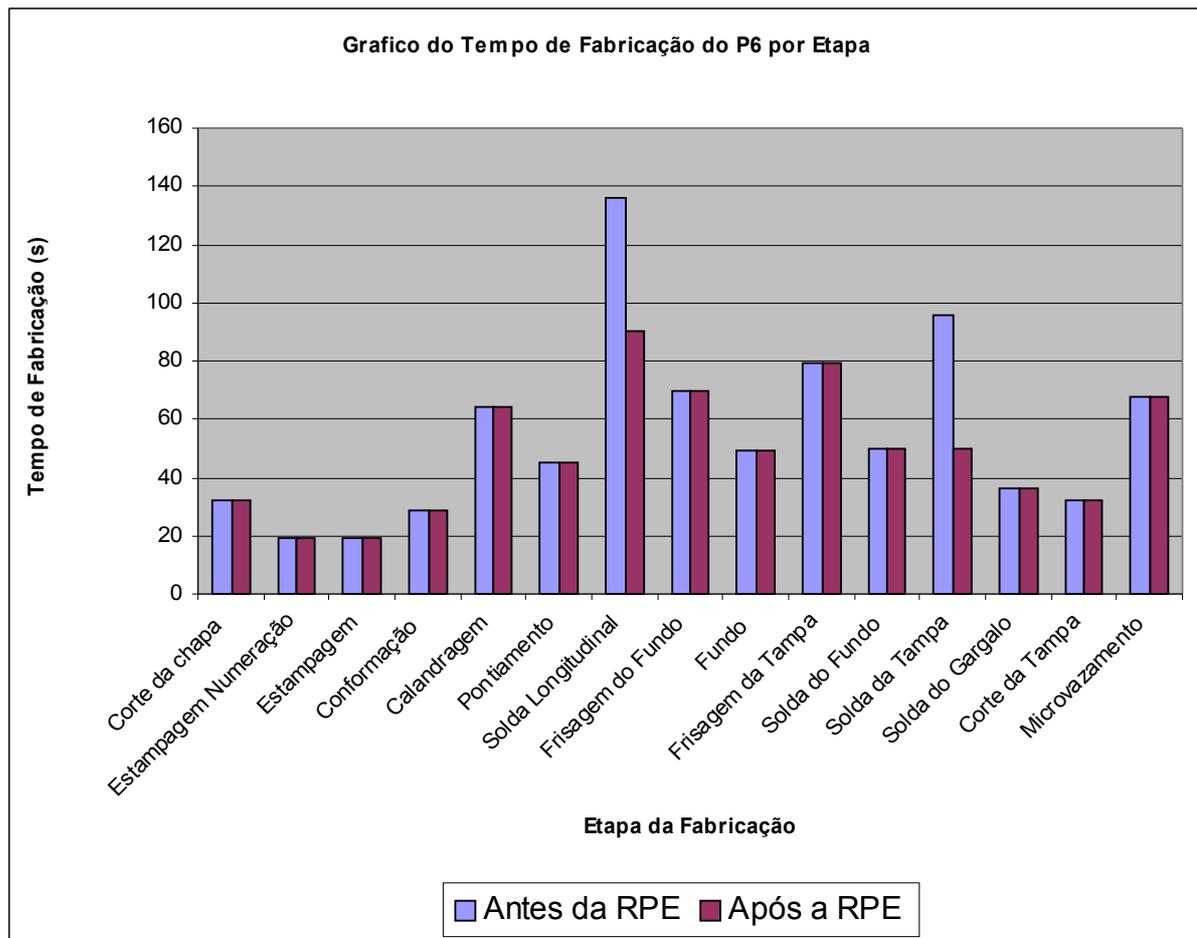


Figura 9.2 – Representação gráfica da tabela 9.4

Antes da reengenharia na solda longitudinal eram gastos 82 g de arame e 37,27 l de gás de proteção em um comprimento de solda de 430 mm em um tempo de soldagem de 86 s com uma velocidade de avanço de 5 mm/s utilizando uma energia de soldagem média de 163,93 J/mm. Após a implantação da reengenharia houve uma redução no tempo de soldagem, na vazão do gás de proteção, no gasto com o arame e uma diminuição da energia média de soldagem. Observou-se também que energias de soldagem inferiores a 140,40 J/mm causam falta de penetração e energias superiores a 160,52 J/mm provocam perfurações nos cordões de solda. A tabela 9.6 apresenta o comparativo referente ao antes e depois da implantação da reengenharia no processo de solda longitudinal.

Tabela 9.6 – Consumo de consumíveis antes e após a reengenharia na solda longitudinal.

| Processo de Solda Longitudinal | Comprimento do Cordão de Solda | Tempo de Soldagem | Velocidade de Avanço | Metal Adição Utilizado | Gás de Proteção Utilizado | Gás de Proteção utilizado |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Antes da Reengenharia          | 430 mm                         | 86 s              | 5 mm/s               | 82 g                   | 37,27 l                   | 163,93 J/mm               |
| Após a Reengenharia            | 430 mm                         | 43 s              | 10 mm/s              | 53,30 g                | 14,34 l                   | 150,63 J/mm               |

Na solda de tampa utilizava-se: 62 g de arame; 35,24 l de gás de proteção; o tempo de soldagem era de 66 s para soldar um comprimento de 488 mm; a velocidade de avanço era de 6 mm/s utilizando uma energia de soldagem média de 174,46 j/mm. Como a geometria da junta de tampa é sobreposta, foi possível trabalhar com energias de soldagem na ordem de 203,42 J/mm o que possibilitou um aumento da velocidade de avanço em 150% , bem como, redução dos gastos com os insumos sendo: 23% com o arame de solda e 63% com o gás de proteção. Com estes novos procedimentos verificou-se que na solda da tampa a energia de soldagem pode variar de 199,68 a 207,17 j/mm, caso sejam inferior a 199,68 j/mm o cordão de solda poderá apresentar falta de penetração e caso a energia de soldagem ultrapasse de 207,17 j/mm haverá risco de perfuração. A tabela 9.7 apresenta o comparativo dos parâmetros de solda antes e após a reengenharia.

Tabela 9.7 – Comparação do gasto de insumo antes e após a reengenharia na solda de tampa

| Processo de Solda Tampa | Comprimento do Cordão de Solda | Tempo de Soldagem | Velocidade de Avanço | Metal Adição Utilizado | Gás de Proteção Utilizado | Gás de Proteção utilizado |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Antes da Reengenharia   | 488 mm                         | 66 s              | 6 mm/s               | 62 g                   | 32,24 l                   | 174,46 J/mm               |
| Após a Reengenharia     | 488 mm                         | 32,53 s           | 15 mm/s              | 47,74 g                | 13,01 l                   | 203,42 J/mm               |

No que se refere aos índices de retrabalho e sucateamento só estamos apresentando os índices coletados no mês de fevereiro de 2007, já que o trabalho de implantação e treinamento foi concluído em janeiro do mesmo ano, porém é de se concluir que se os parâmetros estão definidos, controlados e os processos automatizados (solda longitudinal e solda de tampa), os índices se manterão constantes. A tabela 9.8 apresenta índices de retrabalho e sucateamento, coletados durante o mês de fevereiro de 2007. Como podemos verificar os índices monitorados, apresentaram valores bem menores que inicialmente projetamos. A tabela 9.9 apresenta os índices antes do trabalho de RPE, os projetados durante o desenvolvimento e os obtidos em fevereiro de 2007, o que demonstra uma significativa diminuição dos índices. As figuras 9.3 e 9.4 apresentam os dados da tabela 9.9 em forma de gráfico tipo linha.

Tabela 9.8 – Índices de retrabalho e sucateamento referente ao mês fevereiro 2007

| Processos Monitorados | Quantidades Produzida | Retrabalho |      | Sucateamento |      |
|-----------------------|-----------------------|------------|------|--------------|------|
|                       |                       | Unidades   | (%)  | Unidades     | (%)  |
| Solda Longitudinal    | 1.200                 | 18,00      | 1,50 | 5,00         | 0,42 |
| Solda da Tampa        | 1.200                 | 24,00      | 2,00 | 12,00        | 1,00 |

Tabela 9.9 – Índices retrabalhos antes, durante e depois da implantação da RPE

| Processos Monitorados | Índices antes da Implantação da RPE (%) |              | Índices Máximos Tolerados Durante a Implantação da RPE (%) |              | Índices Monitorados (fev/2007) Após a Implantação da RPE (%) |              |
|-----------------------|---|--------------|--|--------------|--|--------------|
|                       | Retrabalho                              | Sucateamento | Retrabalho   | Sucateamento | Retrabalho   | Sucateamento |
| Solda Longitudinal    | 9,85                                    | 5,36         | 4,00   | 2,00         | 1,50   | 0,42         |
| Solda da Tampa        | 9,85                                    | 5,36         | 4,00   | 2,00         | 2,00   | 1,00         |

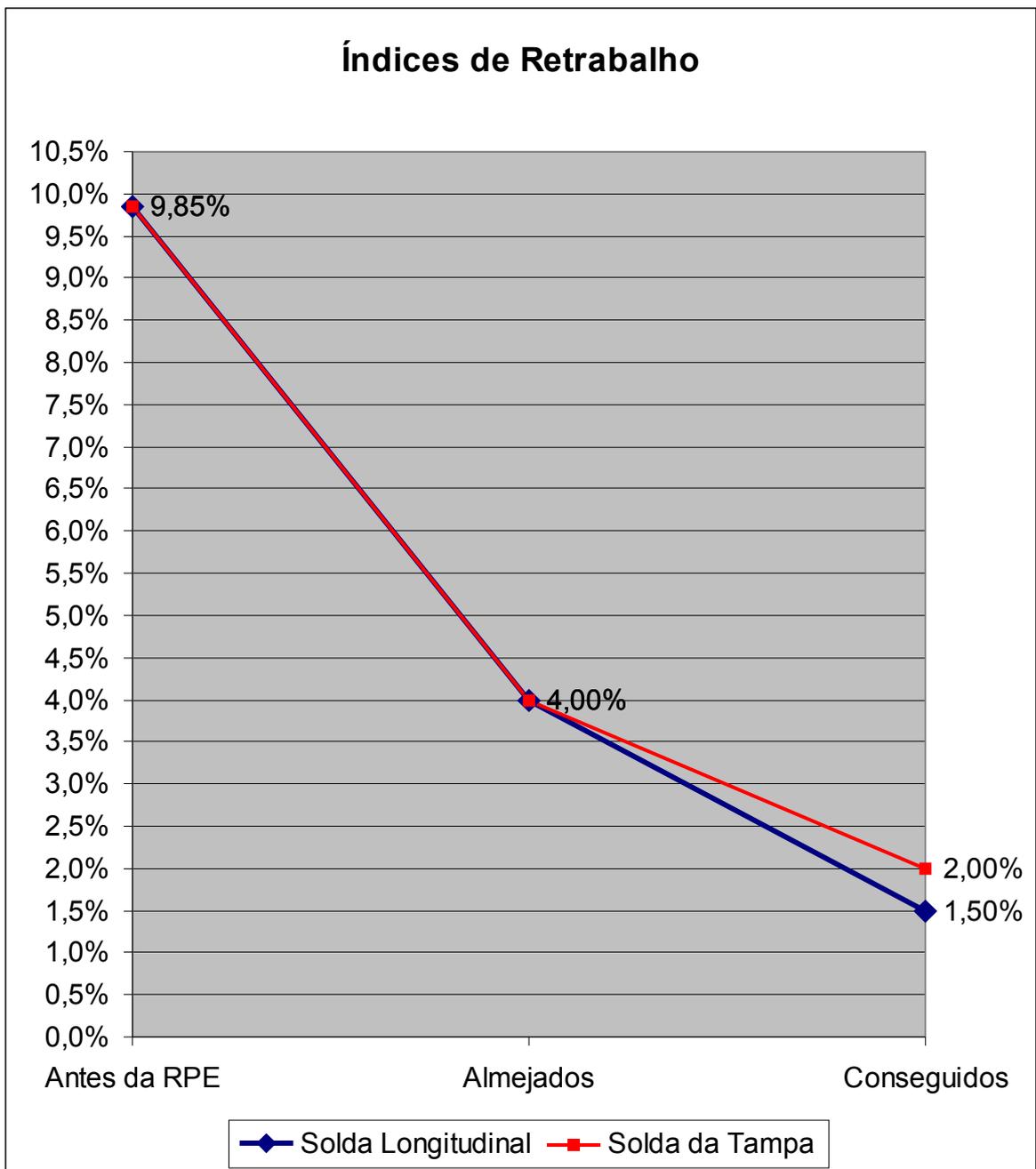


Figura 9.3 – Gráfico da tabela 9.9 referente aos índices de retrabalho

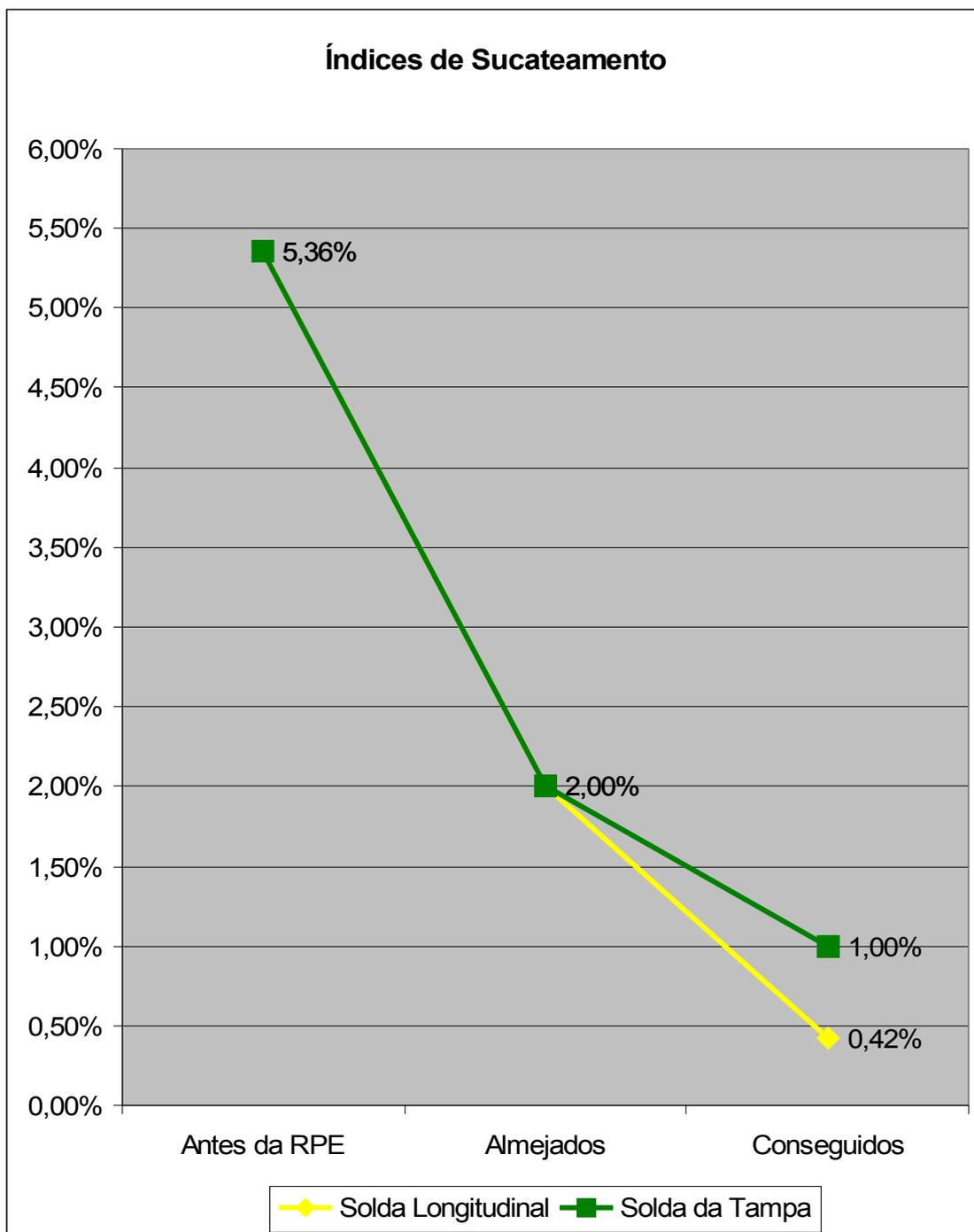


Figura 9.4 – Gráfico da tabela 9.9 referente aos índices de sucateamento

Com relação ao número de funcionários do setor antes da implantação havia dez funcionários no processo de fabricação de cilindros, fabricando uma média de 836 peças mês, hoje há apenas cinco funcionários e dois estagiários, produzindo 1.200 peças mês o que representa um aumento de 30,83% na produção mensal, além da diminuição dos custos com funcionarios. Antes da RPE um cilindro produzido gerava um custo de mão de obra de R\$ 10,27 depois das modificações implantadas o custo caiu para R\$ 4,98 uma redução maior que 50%, mais precisamente de 51,31%. A tabela 9.10 apresenta o custo de uma peça produzida por homem, antes e depois da RPE.

Tabela 9.10 - Produção custo homem

|              | Nº Funcionários | Estagiários | Gasto Mês<br>R\$ | Peças Produzidas<br>R\$ | Custo por Peça<br>R\$ |
|--------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| Antes da RPE | 10              | 0           | 8490,00          | 830,00                  | 10,23                 |
| Após RPE     | 5               | 2           | 6980,00          | 1200,00                 | 4,98                  |

Com relação ao custo total do cilindro a tabela 9.11 apresenta o custo antes e depois da implantação da RPE e como podemos perceber com a economia realizada com o gás de proteção, com o arame, com os índices de retrabalho e sucateamento e principalmente na economia com a redução do pessoal, foi possível alcançar uma economia final nos custos de 14,19 % ou seja 4,19 % acima do esperado, pois nosso plano era conseguir uma economia de 10% no final do trabalho.

Tabela 9.11 – Custo de um extintor de Pó de 6 Kg antes e depois da RPE.

| Descrição do Material<br>Fabricação Cilindro Pó 6 kg | Antes RPE<br>Preço Unitário | Após RPE<br>Preço Unitário |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| Suporte de Parede                                    | 0,34                        | 0,34                       |
| Mangueira  | 0,99                        | 0,99                       |
| Manômetro  | 1,20                        | 1,20                       |
| Válvula  | 7,34                        | 7,34                       |
| Sifão  | 0,63                        | 0,63                       |
| Lacre Plástico+ORING                                 | 0,13                        | 0,13                       |
| Rotulo   | 0,42                        | 0,42                       |
| Nitrogênio   | 0,36                        | 0,36                       |
| Pintura  | 0,85                        | 0,85                       |
| Tratamento Químico                                   | 0,25                        | 0,25                       |
| Teste do INMETRO                                     | 1,00                        | 1,00                       |
| Embalagem  | 0                           | 0                          |
| Teflon ou Trava                                      | 1,37                        | 1,37                       |
| Custo OCC  | 0,21                        | 0,21                       |
| Etiqueta do INMETRO                                  | 0,25                        | 0,25                       |
| Gargalo  | 1,36                        | 1,36                       |
| Arame para solda diâmetro 0.80                       | 0,79                        | 0,68                       |
| Custo Gás Proteção por peça                          | 0,45                        | 0,36                       |
| Chapa Aço Carbono                                    | 12,16                       | 12,16                      |
| Perca no corte media 8%                              | 0,96                        | 0,96                       |
| Sucateamento   | 0,96                        | 0,12                       |
| Retrabalho   | 0,96                        | 0,12                       |
| Pó Químico Seco                                      | 7,20                        | 7,20                       |
| Custo homem por Peça Produzida                       | 10,27                       | 4,98                       |
| <b>Preço Custo por Peça</b>                          | <b>50,44</b>                | <b>43,28</b>               |

### 9.3 Cordão de Solda

Inicialmente a fabricação dos cilindros era realizada utilizando-se o processo de solda com eletrodo revestido como foi apresentado no item 5.1. A figura 9.5 apresenta um cordão de solda realizado antes da primeira automação quando inicialmente a produção era realizada através do processo de soldagem com eletrodos revestidos.

Em 2002, o processo que era realizado com eletrodo revestido foi substituído pelo processo de solda MAG, o que melhorou consideravelmente a qualidade dos cordões de solda. Neste período foram criados os primeiros dispositivos de soldagem semi-automáticos conforme apresentado no capítulo VI. As figuras 9.6 e 9.7 apresentam foto da face do cordão de solda e da raiz da solda, respectivamente, porém como pode ser verificado havia ainda problemas. O cordão (figura 9.6) apresentava margens não uniformes e alguns respingos, já a raiz (figura 9.7) era possível encontrar falhas de penetração em vários pontos.

Após a reengenharia foram implantadas modificações nos equipamentos (capítulo VII) e as modificações dos parâmetros de soldagem (capítulo VIII) o que acarretou uma melhor qualidade dos cordões de solda. As figuras 9.8 e 9.9 apresentam fotos do cordão de solda e da raiz da solda respectivamente, onde é possível perceber-se visualmente um cordão bem delineado (fig. 9.8) em suas margens e reforço da face mais bem definido. Do outro lado do material soldado, observa-se a raiz da solda (fig. 9.9) com uma penetração constante em toda sua extensão.



Figura 9.5-Solda realizada pelo processo SMAW em abril de 2001



Figura 9.6 - Cordão de Solda pelo processo MAG antes da reengenharia (fase da solda)



Figura 9.7 - Cordão de Solda pelo processo MAG antes da reengenharia (raiz da solda)



Figura 9.8 - Cordão de Solda pelo processo MAG após a reengenharia (fase da solda)



Figura 9.9 - Cordão de Solda pelo processo MAG após a reengenharia (raiz da solda)

### 9.3.1 Avaliação do Cordão de Solda antes da Reengenharia.

Para as observações da macro e microestrutura foram retiradas amostras da junta soldada (seção 9), conforme mostrado na figura 9.10. Cada amostra, depois de embutida, foi submetida a um processo metalográfico tradicional, com lixamento em papel 220, 400 e 600 mesh; Nesta condição de lixamento não foi possível a observação da macroestrutura da junta soldada, sendo necessário um lixamento suplementar com papel de granulometria de 1000 mesh. Em seguida o corpo de prova foi atacado com nital (sol. a 5,0%) para revelar a macroestrutura. Para observação da microestrutura, os corpos de prova foram submetidos a um polimento suplementar com pasta diamantada de 1  $\mu\text{m}$ , seguido de ataque químico com nital. Toda a caracterização micro e macrestrutural das amostras foram realizadas no microscópio óptico marca Olympus BX 51M no laboratório de caracterização microestrutural do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco. A figura 9.11 é uma macrografia da junta soldada retirada de um cordão logitudinal. As figuras 9.12 e 9.13 apresentam detalhes microestruturais da zona de ligação entre o metal base e o metal de adição. Baseado na geometria da junta e no no metal depositado (fig. 9.12) a fração de diluição neste processo foi estimada em 0,24, aproximadamente. A figura 9.13 mostra a macrosegregação na linha central do cordão de solda, a partir da qual são observadas os traços das correntes convectivas produzidas durante a solidificação do metal.

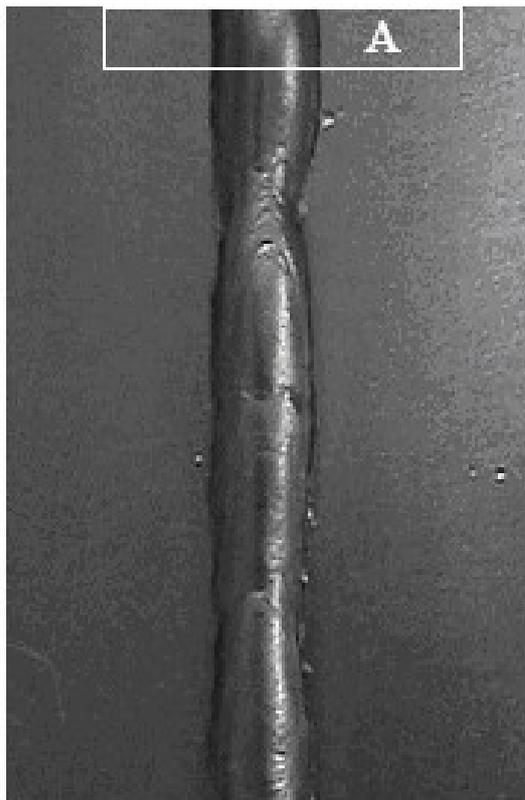


Figura 9.10 - Local da retirada da amostra

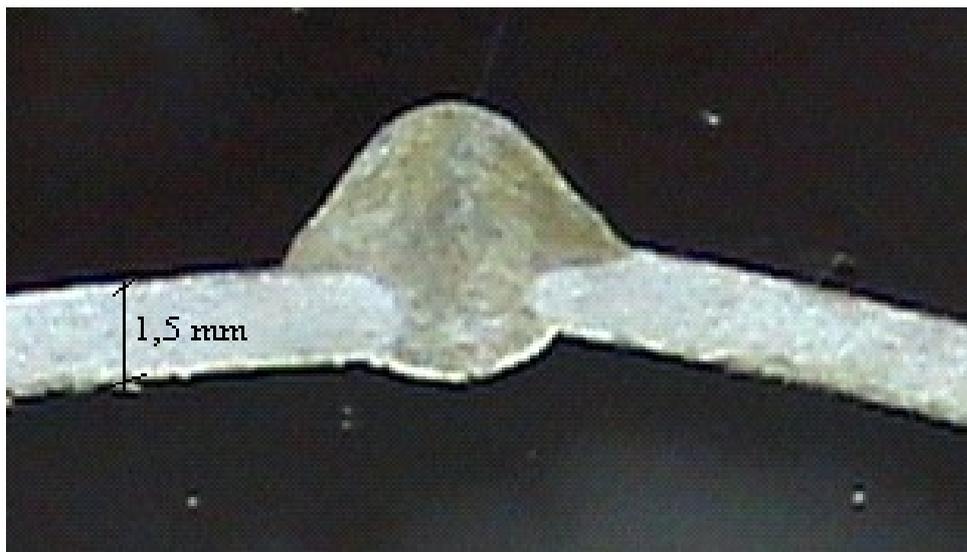


Figura 9.11 –Macrografia da junta soldada, cordão longitudinal (3x)

Com o auxílio do microscópio foi possível mensurar o comprimento da ZAT nas microestruras após o processo, antes da reengenharia. Deslocando-se transversalmente a mesa do microscópio com auxílio de seu parafuso micrométrico, foi verificado que a ZAT tinha um comprimento de aproximadamente 4,6 mm.

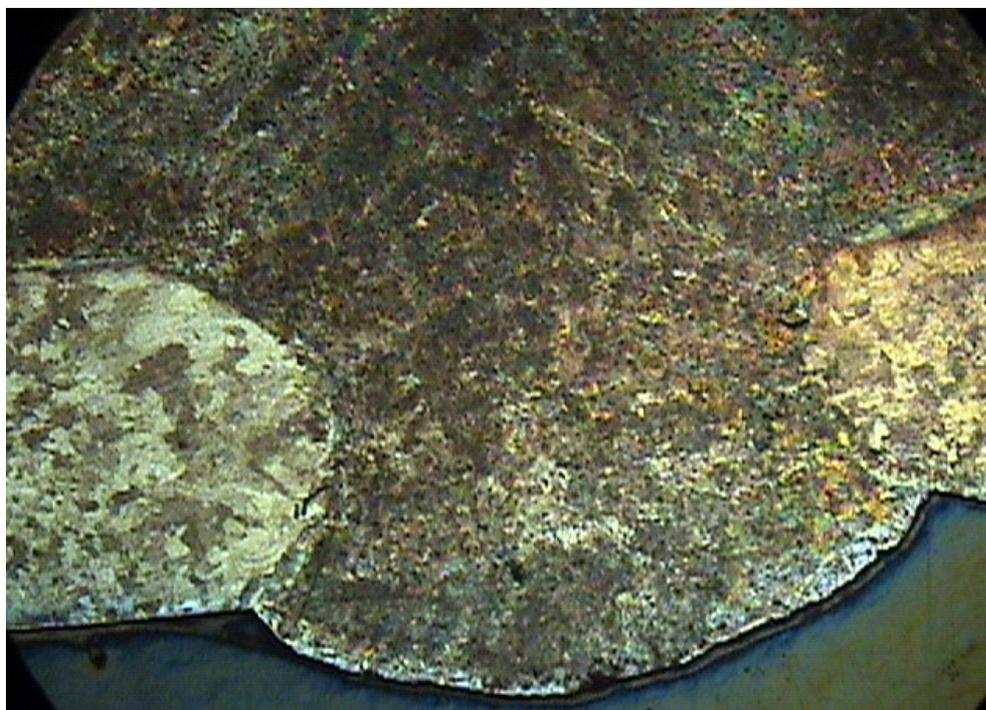
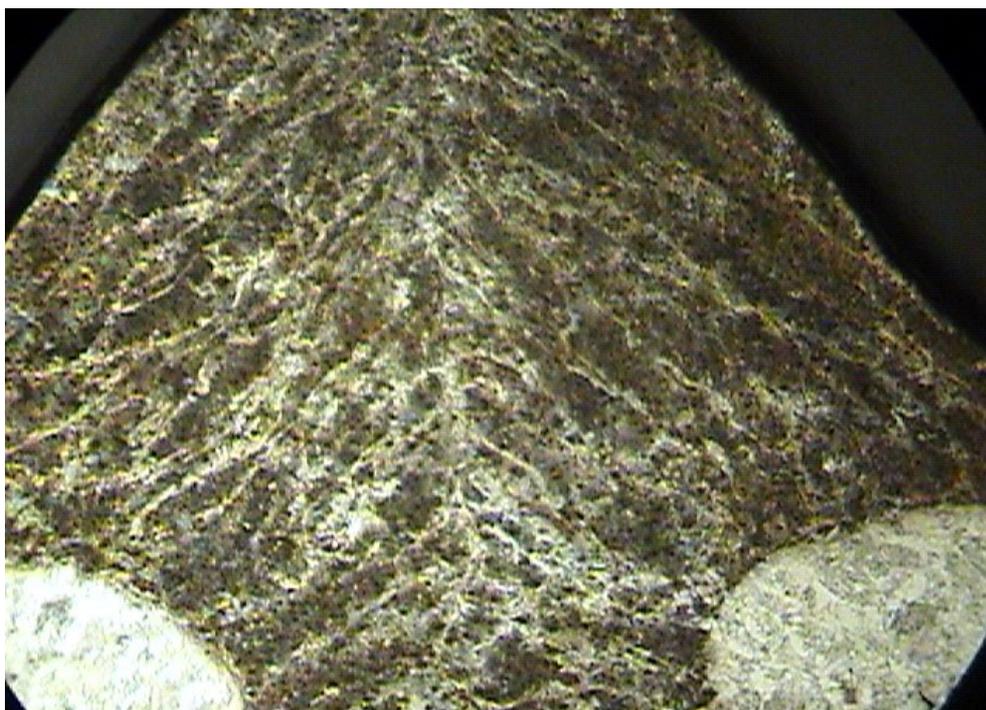
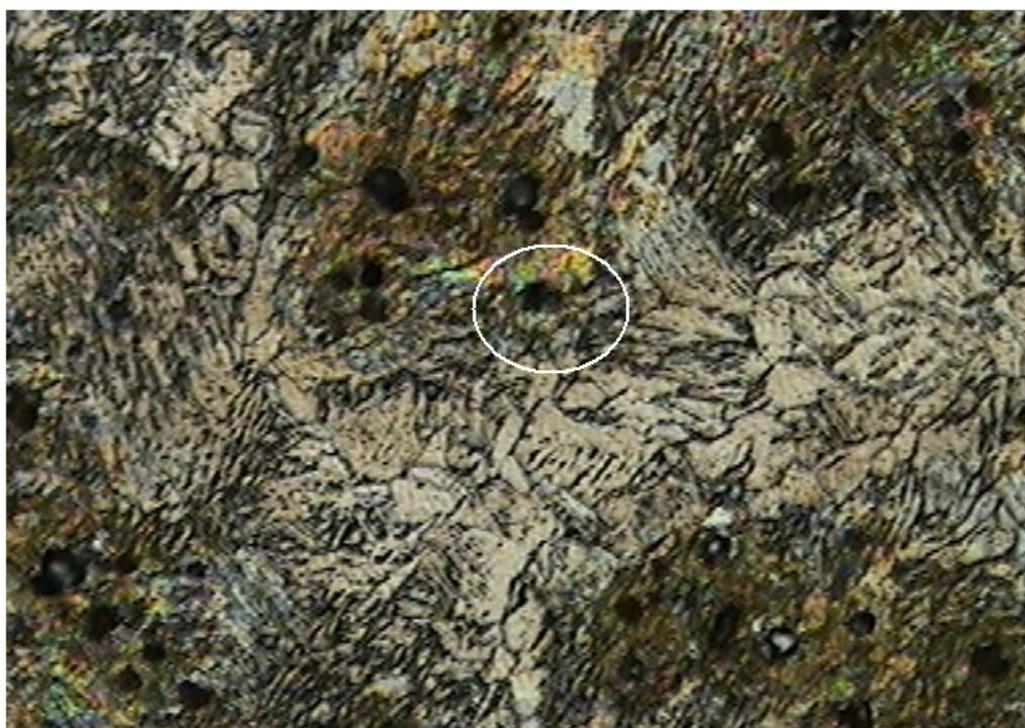


Figura 9.12 - Imagem da junta soldada ampliada no microscópio em 150x

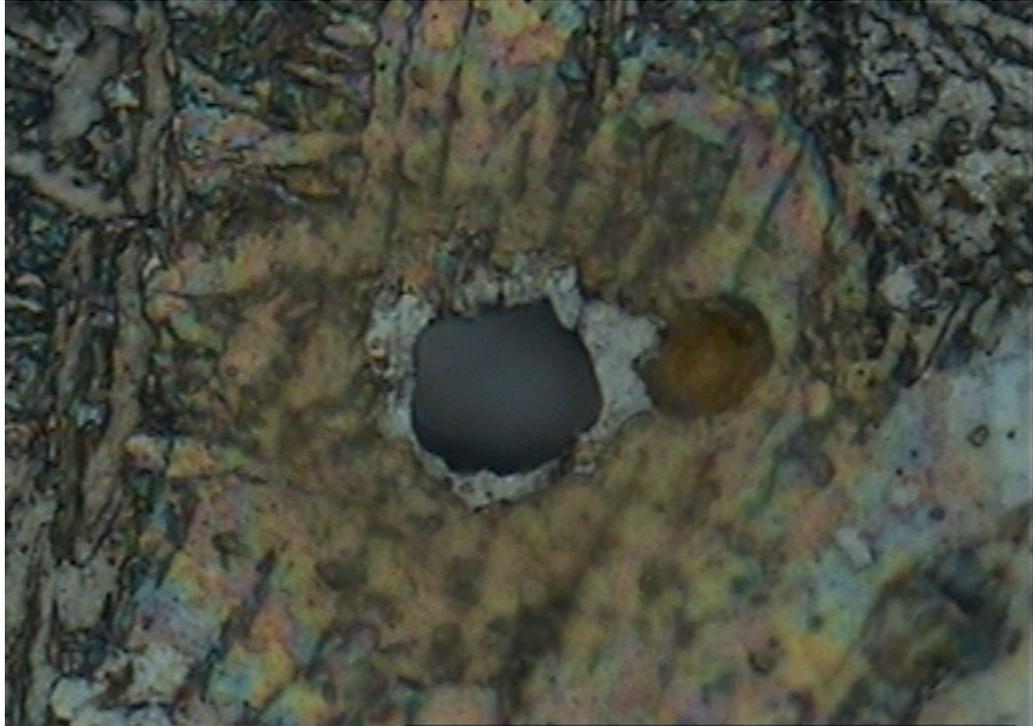


9.13 - Imagem da junta soldada ampliada no microscópio em 150x



9.14 – Porosidade no metal de adição da junta soldada

Embora tenham sido confundidos com constituintes microestruturais em escalas menores, na figura 9.14 observa-se que uma porosidade significativa estava presente no metal de adição. Com uma resolução ainda maior (aumento de 1500x) verifica-se que o poro tem um diâmetro maior que a lamela de fase alfa primária (fig. 9.15). A porosidade é considerada como defeito grave uma vez que pode comprometer a resistência do cordão de solda conforme já foi apresentado no item 2.3.8.



9.15 – Imagem do poro aumentada em 1500x

### **9.3.2 Avaliação do Cordão de Solda após a Reengenharia.**

Para observar a qualidade do cordão de solda do processo após a reengenharia foi retirada uma amostra do cordão longitudinal, conforme está mostrado na figura 9.16. O procedimento metalográfico para caracterização já foi descrito no parágrafo anterior. Tomando-se como referência a geometria da junta e o metal depositado, a diluição neste novo procedimento foi estimada em aproximadamente 0,382. Em relação ao procedimento anterior (antes da reengenharia) houve um aumento de 59% na diluição, mostrando a eficácia da reengenharia. De modo idêntico ao realizado anteriormente, foi medido o comprimento da ZAT com o auxílio do microscópio. Após a reengenharia o comprimento da ZAT é de 3,1 mm, uma redução de 32% em relação ao comprimento desta mesma zona, antes da reengenharia. Esta redução é consequência direta da diminuição da energia de soldagem. A figura 9.17 apresenta aspectos macroestruturais da junta soldada, retirada da seção “A” tal como mostrado na figura 9.16. A baixa definição da foto não permitiu a descrição dos elementos constituintes que só foram descritos em fotos posteriores, com maior resolução.

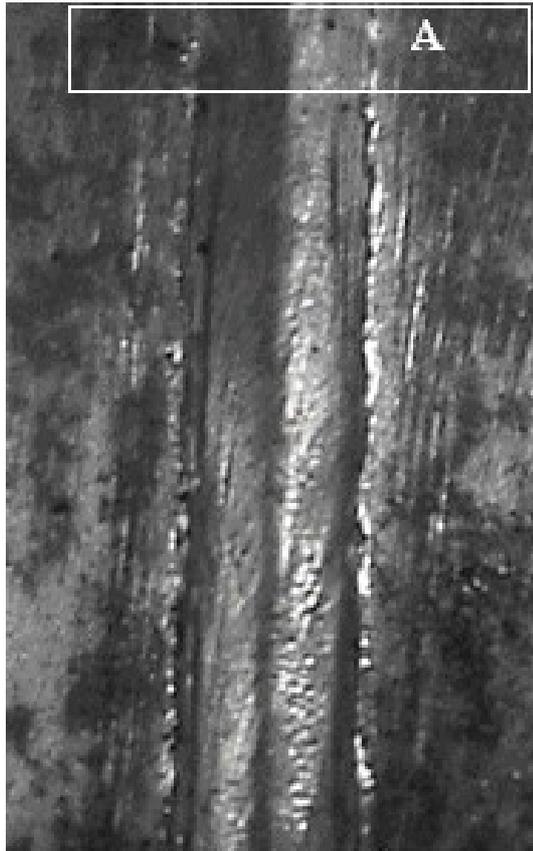


Figura 9.16 - Local da retirada da amostra



Figura 9.17 – Seção transversal da junta soldada após a reengenharia (3x)

A figura 9.18 mostra um diagrama esquemático onde a microestrutura resultante de um processo de soldagem é justificada pelas transformações de fase obtidas a partir de um diagrama de equilíbrio Fe-Fe<sub>3</sub>C.

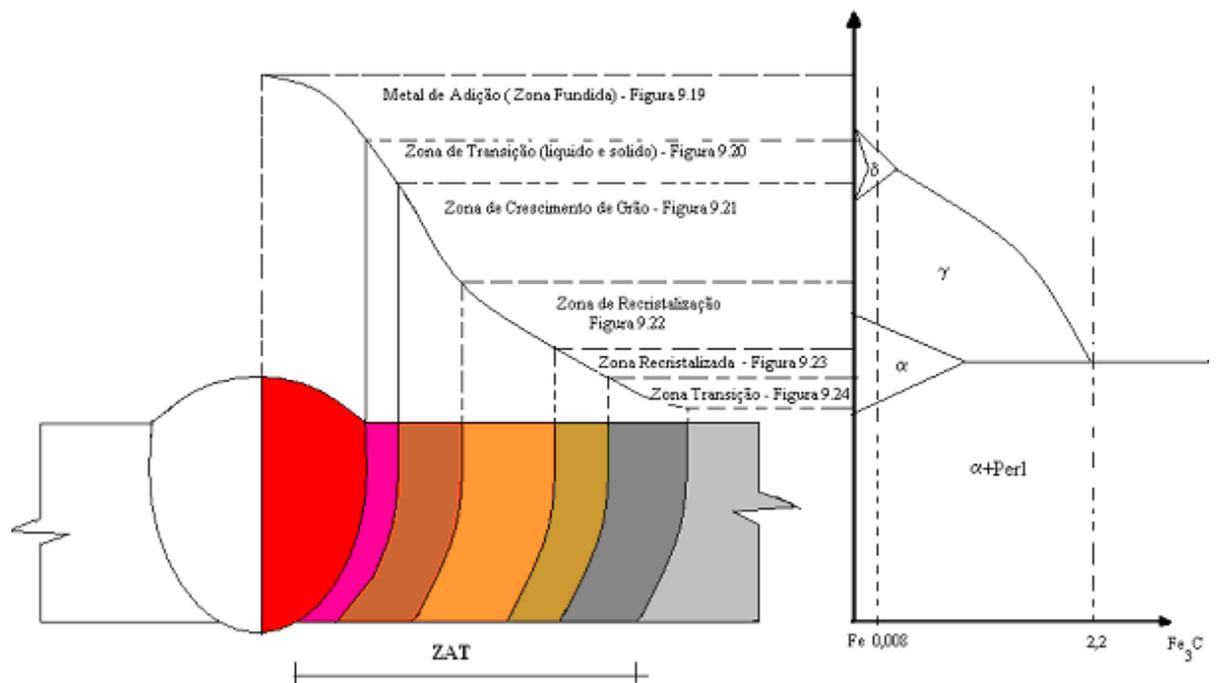


Figura 9.18 – Esquema gráfico das transformações decorridas no metal base durante o processo de soldagem

A figura 9.19 mostra a zona fundida, constituída basicamente por grãos ferrítico, alguns dos quais com contornos levemente enriquecidos por perlita.

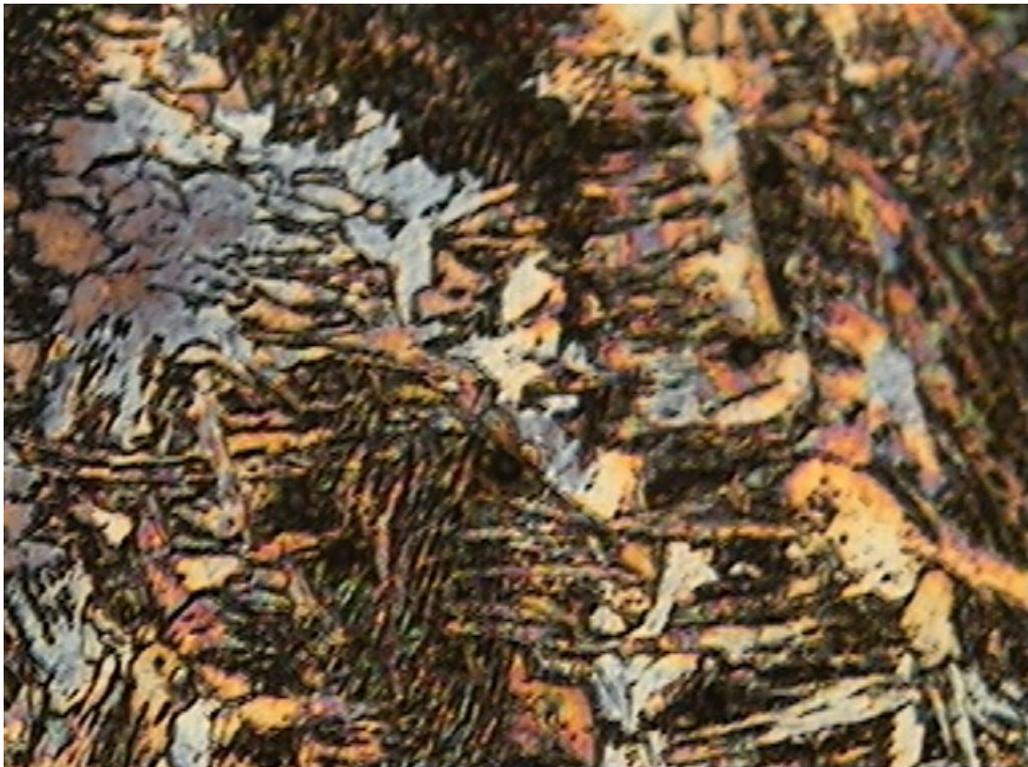


Figura 9.19 – Microestrutura da Zona fundida (300x)

A figura 9.20 mostra a zona de ligação (azulada) caracterizada pela transição sólido-líquido, sendo constituída de ex-grãos da fase delta ferrítica (primeira poção de sólido a ser formada) depois transformados em austenita e finalmente em ferrita alfa. Na região mais clara da figura, abaixo da zona de ligação observa-se a região de crescimento de grãos que também pode ser vista na sua totalidade na figura 9.21.



Figura 9.20 – Microestrutura da zona ligação (300x)

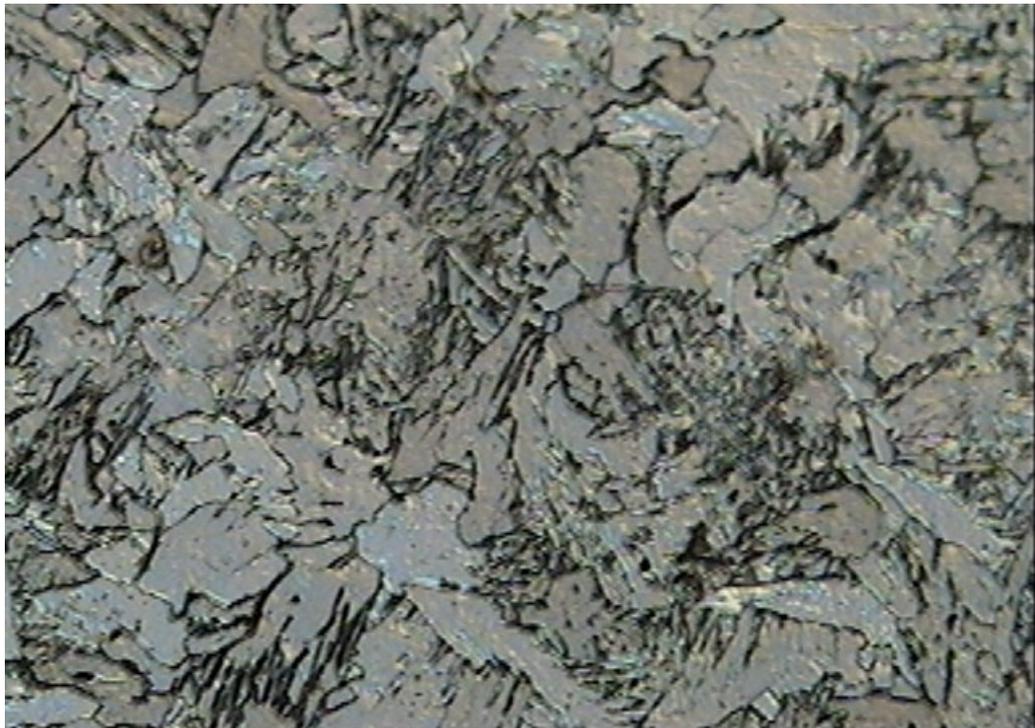


Figura 9.21 – Microestrutura da zona de crescimento de grãos (300x)

A figura 9.22 mostra a transição de grãos parcialmente transformados (parte superior) com os grãos mais finos recristalizados (parte inferior). Esta estrutura de grãos recristalizados pode ser vista em sua totalidade na figura 9.23.



Figura 9.22 – Zona de parcialmente transformada (300x)



Figura 9.23 – Zona de grão recristalizados (300x)

Na parte superior da figura 9.24 observa-se a microestrutura da zona temperada, situada entre a região de grãos recristalizados e a zona não afetada termicamente (fim da ZAT, conforme pode ser vista abaixo da linha tracejada).

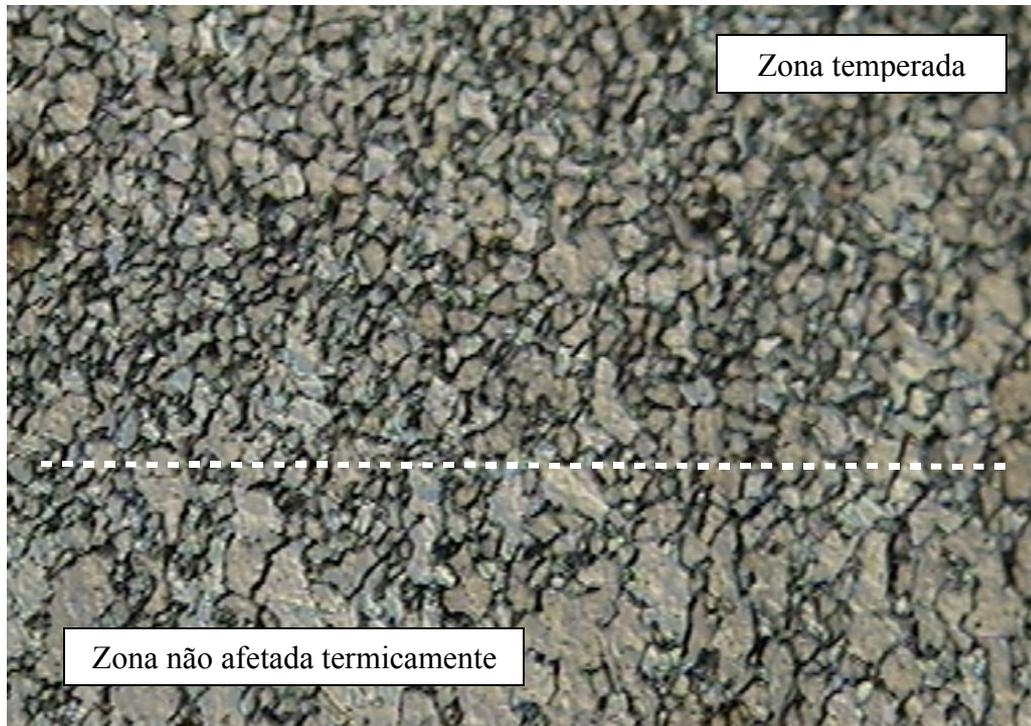


Figura 9.24 – Final da ZAT (300x)

Esta zona não afetada termicamente se caracteriza pela morfologia dos seus grãos, levemente alongados (encruados) na direção da laminação a frio, nos últimos passos de fabricação da chapa.

## 10. CONCLUSÃO

Partindo da implantação dos trabalhos de reengenharia foi possível concluir que as modificações realizadas com a automação dos dispositivos da solda longitudinal e da solda da tampa resultaram na simplificação das etapas, já que antes da reengenharia, havia apenas uma etapa automática. Hoje, a solda longitudinal possui seis etapas automáticas e a solda de tampa sete, as tabelas 7.2 e 7.4 apresentam estas inovações.

Os estudos dos processos permitiram aumentar as velocidades de avanço que antes eram de 5 mm/s passando para 10 mm/s na solda longitudinal, o que representa um aumento de 100%. Na solda de tampa o aumento foi de 150%, passando de 6 mm/s para 15 mm/s.

Antes da reengenharia a ZAT era de aproximadamente 4,6 mm, com uma diluição na ordem de 24% e existiam porosidades no metal de adição “embora invisíveis a olho nu”, após a reengenharia a ZAT foi reduzida para 3,1 mm e a diluição aumentou para 38,2% não sendo encontradas porosidades, o que comprova uma melhor qualidade do cordão de solda.

Os gastos com insumos na solda longitudinal foram reduzidos. Antes eram utilizados 82 g de arame de solda, 37,27 l de gás de proteção e o tempo de soldagem era de 86 s. Após a reengenharia, passou-se a utilizar 43 g de arame, 14,34 l de gás de proteção em um tempo de 43 segundos, resultando numa economia de 35% com o arame de solda e de 61,52% com o gás de proteção. Na solda de tampa era utilizado 62 g de arame, 35,24 l de gás de proteção em um tempo de soldagem de 66 segundos. Hoje são utilizados apenas 47,74 g de arame, 13,01 l de gás de proteção e o tempo de soldagem foi reduzido para 32,53 s, o que acarreta uma redução de 23% com arame e de 63,08 com o gás de proteção.

No processo como um todo houve uma redução dos índices de retrabalho de 9,85% para 2% e no de sucateamento de 5,36% para 1%. A produção aumentou de 830 peças mês para 1.200 peças, podendo chegar a 4.000 peças mês. Este aumento na produção não resultou em aumento do número de funcionários, havendo uma diminuição de 10 para 5 funcionários. Todas as modificações implantadas resultaram numa diminuição de custo na ordem de 14,19%, ultrapassando os 10% esperados no início do projeto.

Com as mudanças no layout da fábrica, a inclusão de novas tecnologias no processo como: a solda a arco pulsado, complementado pela elaboração dos procedimentos, detalhando todas as ações e os parâmetros de soldagem, houve um aumento do nível de satisfação do pessoal envolvido e o conhecimento mais detalhado do processo de fabricação. Hoje a empresa está mais competitiva e já passou a expandir seus negócios para novos mercados como: Maceió e João Pessoa, o que antes da reengenharia não seria possível, pois houve uma melhora na qualidade dos produtos com uma redução dos preços.

Os trabalhos de identificação, estudo, desenvolvimento e implantação da reengenharia foram realizados em aproximadamente 12 meses. Durante este período, alguns paradigmas existentes nas empresas foram quebrados e algumas lições foram aprendidas. A RPE, embora talvez inevitável não foi uma atividade simples e automática. A execução do projeto de reengenharia não é tarefa para pessoas tímidas e hesitantes. Suas implantações muitas vezes são abandonadas antes de serem alcançados todos os objetivos, podendo resultar em fracassos, porém tão importante quanto o resultado é o caminho percorrido, pois é através dele que se conhece profundamente todo o processo.

## 11. BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR METALS, Metals Park. Metals handbook, Welding and brazing, 8 ed, Metals Park, ASM 1997.

AMERICAN WELDING SOCIETY, Brazing Manual, 3ªedição, Miami, AWS 1976

AMERICAN WELDING SOCIETY, Welding Inspection, 2ªedição, AWS, Miami,1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11721, Extintores de Incêndio com Carga de Pó, 2º edição, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, NBRISO 9001, Sistema de Qualidade – Modelo de Garantia de Qualidade em desenvolvimento de projetos, produção e instalação, 2000.

CAMPOS, V.F., Gerência da Qualidade Total- Estratégia para Aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira; Belo Horizonte, 1992.

CANZIAN, F., Maiores Empresas dos EUA Voltam aos Lucros. Folha de São Paulo, Cad. 2, 4, 30 de março de 1994.

CARVALHO, M.M. Qualidade e Produtividade, Revista IPT Indústria e Comércio, Ano I, N' 2, março 1993.

CARY, H.B. Modern welding technology. 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.

CATRO, R., CADENET. J.J. Welding metallurgy of stainless and heat-resisting steels. London: Cambridge University Press, 1975.

CHAMPY. J. Reengineering Management,Harper Business, 1995.

CLEBER F., Apostila de Soldagem dos Processos MIG/MAG, 3ªedição, ESAB, São Paulo, 2004.

COELHO, L.A., . Desgaste – mecanismos e revestimento duro por soldagem,Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1985. 133p. Dissertação(Mestrado em engenharia metalúrgica), 1985.

CORREIA, M. A Comunicação Empresarial Global, Editora Érica, São Paulo, 1991.

COULSON, C. e THOMAS, Reengenharia dos Processos Empresariais, Editora Record, Rio de Janeiro, 1996

CROSS K.C; LYNCK L.J ; FEATHER J.J. , A arte da reengenharia: o renascimento da empresa, editora Jorge Zahar Editor Ltda, Rio de Janeiro,1995

DAVENPORT, T.H. Reengenharia de Processos, Editora Campus, São Paulo, 1994.

DAVENPORT, T.H. Need Radical Innovation and Continuous Improvement Integrate Process Reengineering and Total Quality Management Planning Review, 1999.

DAY, G.S. Estratégia Voltada para o Mercado: Processos para Criação de Valor Dirigidos ao Cliente, Editora Record, Rio de Janeiro, 1990.

DEMING, W.E. Out of The Crisis. MIT, Center for Advanced Engineering Study, 1986.

DRAPINSKY, J. Elementos de soldagem, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979.

FORTES C, Apostila de Soldagem MIG/MAG - ESAB, Santa Catarina, 19 de agosto de 2004.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, Inspetor de Soldagem, Rio de Janeiro, FBTS, 2001. 6v.

GENERAL MOTOS, Reengenharia na Berlinda, Jornal Gazeta Mercantil, 28, 4 de julho de 1994.

GOURD, L.M. Principles of welding technology . London: E. Arnold, 1982.

HAMMER. M., Reengineerig Work: Dont´s Automate, Obliterare. Harvard Business Review, V.68, Nº 4 , 104-114, 1990.

HAMMER. M., CHAMPY. J., Reengenharia Revolucionando a Empresa, Rio de Janeiro, Editora Campus, 1994.

HOLDCROFT, P., JONH, R. Welding and cutting. Cambridge: Woodhead-Faulkner, 1988

HOULDCROFT, P.T. Apostila tecnologia de los processos de soldadura. Barcelona: CEAC, 1980

IBQN Soldagem I – Processo de soldagem – apostila do curso de formação de supervisores técnicos independentes, São Paulo, 1987.

JURAN. J., Juran na Liderança Pela Qualidade, Editora Pioneira, São Paulo, 1990.

KOCK Jr,N.F, Reengenharia de Processos, Editora Vozes, Rio de Janeiro, 1995

KOCK Jr.; TOMELIN C.A, A Qualidade Total na Prática. Centro de Desenvolvimento Empresarial, SENAC-PR, 1994.

LANCASTER, J.F. Metallurgy of welding, 3ªedição, London: Allen & Unwin, 1987.

LINNERT, G.E. Welding metallurgy; Fundamentals, New York, AWS, 1965. v.1.

MACKENZINE, J., Curso de Solda – Apostila do Curo Superior de Engenharia Mecânica, São Paulo, 1982.

MARQUES, P.V.; MODENESI, P.J.; SANTOS, D.B. Curso de metalurgia da soldagem. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1985. 388p.

MARQUES, V.P., Tecnologia da Soldagem Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Editora O Lutador, Belo Horizonte, 1991.

MARQUES, V.P, Introdução aos processos de soldagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Editora O Lutador, Belo Horizonte, 2006.

MARQUES, G., Além da Qualidade Total: A Reengenharia de Processos e a Transformação do Negócio, Seminário Pan-americano de Tecnologia e Qualidade Total, Rio de Janeiro, 1993.

OKUMURA, T., TANIGUCHI, C. Engenharia de soldagem e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 1978.

PEREIRA, J.C. Reengenharia de Processos: Uma Visão Geral dos Mecanismos Geradores de Melhorias Radicais nas Organizações. Fórum Internacional de Administração, 1993.

QUITES, A.M., DUTRA, J.C, Apostila sobre Tecnologia da soldagem a arco voltálico. Florianópolis: EDEME, 1979.

SANTIN, J.L., Apostila da Pró-End, Edição da Pró-End Consultoria Ltda, Responsável Técnico Jorge Luiz Santin, Curitiba, 2006.

SENAI, Manual de soldagem ao arco elétrico, Edição do SENAI, São Paulo, 1976.

SMITH, A. The Wealth Nations. Vol1, J.M.Dent & Sons, London, 1910.

THE LINCOLN ELETRIC Co. The procedure handbook of arc welding, 12ª edição, Cleveland, The Lincoln Electric Co., 1973.

WAINER, E. et al, Soldagem – Processo metalúrgico, Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1992.

WALTON, M., Método Deming na Prática, Editora Campus, São Paulo, 1992.

WALTON, M., O Método Deming de Administração, Editora Marques-Saraiva, São Paulo, 1986.

## **12. ANEXOS**

- Anexo I - Ficha Técnica do equipamento de Solda Aritopower 460;
- Anexo II - Certificado de Calibração do Manômetro;
- Anexo III - Certificado de Calibração do Paquímetro;
- Anexo IV - Certificado de Calibração da Régua Graduada;
- Anexo V - Certificado de Calibração do Alicata Amperímetro;
- Anexo VI - Certificado de Calibração da Balança Digital;
- Anexo VII - Certificado de Calibração do Cronômetro.

# AristoPower 460

## AristoFeed 30-4W MA6

### Sistema para soldagem multiprocesso



**Sistema Aristo, sinérgico multiprocesso programável para soldagem MIG, MIG pulsado e Eletrodo revestido.**

#### CARACTERÍSTICAS

- O conjunto **AristoPower 460/AristoFeed 30-4W MA6** apresenta a mais moderna tecnologia em matéria de soldagem MIG, MIG pulsado e Eletrodo revestido.
- Todas as funções são programáveis no painel do alimentador de arame, Tecnologia MMC (Man/machine communications), com constante atualização (upgrade).
- A fonte **AristoPower 460** é uma fonte de corrente constante (CC) e tensão constante (CV), trifásica, projetada com tecnologia inversora sem contator. É uma fonte multiprocesso projetada para fornecer a característica volt-ampere para a soldagem MIG convencional (GMAW) e arames tubulares (FMAW) no modo tensão constante (CV), MIG Pulsado (GMAW-P), Eletrodos revestidos (MMA).
- Corrente de saída nominal **450 Amperes a 100%** do ciclo de trabalho.
- Fácil de programar para MIG, MIG Pulsado e Eletrodo revestido.
- O Sistema Aristo possui mais de 200 linhas de sinergismo para os diversos materiais, bitolas e gases. O painel de controle MA6 pode ser carregado com até 30 linhas de sinergismo diferentes através do ESAT de acordo com a necessidade de cada cliente.
- A memória do **AristoFeed 30-4W MA6** permite ainda gravar 10 programas com parâmetros definidos pelo operador (velocidade do arame, tensão).
- O acesso às funções é feito por teclas pushbutton. Teclas de pressão no painel permitem acesso direto a funções como hotstart, enchimento de cratera, acionamento do gatilho 2 ou 4 toques, partida lenta, alimentação do arame, purga do gás, etc.
- Visualização em tempo real da tensão, corrente e velocidade do arame.
- Pré-seleção da indutância, tempo de pré e pós fluxo do gás de proteção, unidade de medida em polegada ou métrica, seleção automática da programação, Arc force, Burnback, etc.
- Arcforce e Hotstart ajustáveis permitem total controle e excelente performance quando soldando com eletrodos revestidos.
- Pode ser acoplado o controle **AristoPendant UB**. Este controle possui mais de 200 linhas de sinergia pré-programadas, que reduz o tempo de ajuste e testes, com capacidade de memorizar 99 parâmetros de soldagem. Para informações consultar ESAB S.A.
- Possui proteção contra sobretensão que desliga a corrente de solda no caso da temperatura interna dos componentes ultrapasse os níveis seguros para operação, voltando ao funcionamento normal assim que estes valores voltarem ao normal.
- Totalmente eletrônica, não possui contator eletromecânico.
- Controle automático do ventilador que somente é ligado quando há necessidade de refrigeração do equipamento.



- O gabinete possui rodas e rodízios para fácil movimentação pelo local de trabalho, plataforma para cilindro de gás na parte traseira.
- Conexão rápida para refrigeração da tocha.
- Todas as funções em idioma português.

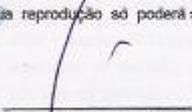
#### AristoPower 460

|                                     |                     |     |
|-------------------------------------|---------------------|-----|
| Faixa de corrente (A)               | 10 - 500            |     |
| Tensão em vazio (V)                 | 80                  |     |
| Corrente nominal (A)                | 450                 |     |
| Cargas autorizadas                  | 60%                 | 500 |
|                                     | 100%                | 450 |
| Alimentação elétrica (V-Hz)         | 220/380/440 - 50/60 |     |
| Potência aparente nominal (KVA)     | 28,9                |     |
| Classe térmica                      | H (160° C)          |     |
| Dimensões (L x C x A - mm) da fonte | 700x1250x840        |     |
| Peso (kg)                           | 185                 |     |

#### AristoFeed 30-4 MA6

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| Tensão de alimentação (VAC)           | 42              |
| Velocidade de avanço do arame (m/min) | 8 - 25          |
| Dímetro do arame (mm):                |                 |
| Aço sólido                            | 0,8 - 1,6       |
| Tubulares                             | 1,2 - 1,6       |
| Alumínio ligado                       | 0,8 - 1,6       |
| Conexão da tocha                      | Euro-conector   |
| Dimensões (L x C x A) (mm)            | 265 x 560 x 350 |
| Peso sem arame (kg)                   | 13              |

ANEXO II - Certificado de Calibração do Manômetro, faixa de escala de 120 Kgf/cm<sup>2</sup>, resolução de 2 Kgf/cm<sup>2</sup> - ( PS 106).

|   |   |   |                           |           |
|---|---|---|---------------------------|-----------|
| <br><b>Aferição Ltda.</b>  |   | <br>Laboratório<br>recomendado<br>Volkswagen |                           |           |
| <b>Certificado de Calibração</b>  |   |   |                           |           |
| Certificado   | 4386/06   | Data Calibração   | 29/12/06                  | Pág 01/02 |
| Ordem de Serviço  | 0836 - 2  | Data Emissão  | 29/12/06                  |           |
| <b>1 - Contratante</b>  |   |   |                           |           |
| Cliente   | Prevenção Ltda - Sérgio Álvares Filho                         |   |                           |           |
| Endereço  | Rua Imperial, 1888 - São José - Recife - PE                   |   |                           |           |
| <b>2 - Descrição do instrumento a calibrar</b>  |   |   |                           |           |
| Instrumento   | Manômetro Cx. De Aço Inox Clicerinado com Ponteiro de Arrasto |   |                           |           |
| Fabricante  | Asta  | Tag/Identificação   | PS-106                    |           |
| Modelo  | —   | Faixa de escala   | 500 kgf/cm <sup>2</sup>   |           |
| Série   | 215145  | Valor de uma divisão  | 5 kgf/cm <sup>2</sup>     |           |
| <b>3 - Descrição do Padrão</b>  |   |   |                           |           |
| Instrumento/Tag   | Manômetro Analógico / PR-09                                   |   |                           |           |
| Fabricante  | ASTA  | Certificado/Órgão   | 43947/06 - ABSI - RBC     |           |
| Série   | 11960   | Incerteza Medição   | ± 3,6 kgf/cm <sup>2</sup> |           |
| Faixa de escala   | 0 a 1000 kgf/cm <sup>2</sup>                                  | Calibrado   | 06/11/06                  |           |
| Valor de uma divisão  | 5 kgf/cm <sup>2</sup>   | Validade  | 06/11/07                  |           |
| <b>4 - Condições de Calibração</b>  |   |   |                           |           |
| Este instrumento foi calibrado conforme procedimento interno CAL - 16, em comparação ao padrão de referência acima descrito com 2 replicações em cada ponto. Na condição de temperatura de (20 ± 2)°C com umidade relativa do ar (80 ± 20) % durante a calibração.  |   |   |                           |           |
| <b>5 - Informações e Declarações</b>  |   |   |                           |           |
| A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência <i>k</i> , o qual para uma distribuição <i>t</i> com grau de liberdade efetivo ( <i>ν</i> <sub>eff</sub> ) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 %, de acordo com a publicação EA-4/02. |   |   |                           |           |
| Este certificado de calibração atende aos requisitos NBR ISO/IEC 17025:2005 e os instrumentos foram calibrados com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração.   |   |   |                           |           |
| Este certificado de calibração é relativo apenas ao instrumento acima descrito, não se estendendo a lotes ou peças fabricadas em série. Sua reprodução só poderá ser total, e depende da aprovação por escrito deste laboratório  |   |   |                           |           |
| <br>George Valença<br>Gerente Técnico  |   |   |                           |           |
| <b>Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão</b>   |   |   |                           |           |
| Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE * telefax 81-3274.9668 * Cel 81-9162.3155<br>CNPJ 00.682.722/0001-73 * I.E. 18.3.001.0213388-7 * afericao@hotmail.com.br * www.afericao.kit.net  |   |   |                           |           |



**Aferição Ltda.**

### Certificado de Calibração

Certificado 4388/06  
Ordem de Serviço 0836 - 2

Data Calibração 29/12/06  
Data Emissão 29/12/06

Pág 02/02

#### 6 - Resultados

| SMC                 |                     | SMP                 |         | Médo das   | Correção | Incerteza  | Fator de    |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------|------------|----------|------------|-------------|
| Valor de Referência |                     | 1 ciclo             | 2 ciclo | Indicações |          | Medição(t) | Abrangência |
| MPa                 | Kgf/cm <sup>2</sup> | Kgf/cm <sup>2</sup> |         |            |          |            | k           |
| Crescente           |                     |                     |         |            |          |            |             |
| 0,00                | 0,0                 | 0,00                | 0,00    | 0,00       | 0,00     | 0,00       | 2,00        |
| 4,90                | 50,0                | 53,01               | 53,01   | 53,01      | -3,01    | 5,30       | 2,00        |
| 9,81                | 100,0               | 100,26              | 100,26  | 100,26     | -0,26    | 5,30       | 2,00        |
| 14,71               | 150,0               | 149,99              | 149,99  | 149,99     | 0,01     | 5,30       | 2,00        |
| 19,61               | 200,0               | 199,72              | 199,72  | 199,72     | 0,28     | 5,30       | 2,00        |
| 24,52               | 250,0               | 249,45              | 249,45  | 249,45     | 0,55     | 5,30       | 2,00        |
| 29,42               | 300,0               | 296,69              | 296,69  | 296,69     | 3,31     | 5,30       | 2,00        |
| 34,32               | 350,0               | 343,93              | 343,93  | 343,93     | 6,07     | 5,30       | 2,00        |
| 39,23               | 400,0               | 388,69              | 388,69  | 388,69     | 11,31    | 5,30       | 2,00        |
| 44,13               | 450,0               | 435,93              | 435,93  | 435,93     | 14,07    | 5,30       | 2,00        |
| 49,03               | 500,0               | 483,18              | 483,18  | 483,18     | 16,82    | 5,30       | 2,00        |
| Decrescente         |                     |                     |         |            |          |            |             |
| 0,00                | 0,0                 | 0,00                | 0,00    | 0,00       | 0,00     | 0,00       | 2,00        |
| 4,90                | 50,0                | 56,42               | 56,42   | 56,42      | -6,42    | 5,30       | 2,00        |
| 9,81                | 100,0               | 103,58              | 103,58  | 103,58     | -3,58    | 5,30       | 2,00        |
| 14,71               | 150,0               | 153,22              | 153,22  | 153,22     | -3,22    | 5,30       | 2,00        |
| 19,61               | 200,0               | 202,86              | 202,86  | 202,86     | -2,86    | 5,30       | 2,00        |
| 24,52               | 250,0               | 252,50              | 252,50  | 252,50     | -2,50    | 5,30       | 2,00        |
| 29,42               | 300,0               | 299,65              | 299,65  | 299,65     | 0,35     | 5,30       | 2,00        |
| 34,32               | 350,0               | 346,81              | 346,81  | 346,81     | 3,19     | 5,30       | 2,00        |
| 39,23               | 400,0               | 391,49              | 391,49  | 391,49     | 8,51     | 5,30       | 2,00        |
| 44,13               | 450,0               | 438,65              | 438,65  | 438,65     | 11,35    | 5,30       | 2,00        |
| 49,03               | 500,0               | 485,80              | 485,80  | 485,80     | 14,20    | 5,30       | 2,00        |
| Erro Fiducial       |                     | 2,26 %              |         |            |          |            |             |
| Repetitividade      |                     | 0,00 %              |         |            |          |            |             |
| Histereze           |                     | 0,68 %              |         |            |          |            |             |

SMC = Sistema de Medição a Calibrar

SMP = Sistema de Medição Padrão

A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com grau de liberdade efetivo (Veff) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 % de acordo com a publicação EA-4/02

Foi utilizado como fator de conversão para unidade do Sistema Internacional 1 MPa=

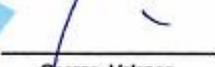
10,197152 Kgf/cm<sup>2</sup>

#### Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Ipubinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonelax 81-3274.9668 \* Cel 81-9162.3155

CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E. 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotlink.com.br \* www.afericao.kit.net

ANEXO III - Certificado de Calibração do Paquímetro, capacidade de 150 mm, resolução 0,05 mm - ( LS 115).

|   |   |   |                     |           |
|---|---|---|---------------------|-----------|
| <br><b>Aferição Ltda.</b>  |   | <br>Laboratório<br>recomendado<br>Volkswagen |                     |           |
| <b>Certificado de Calibração</b>  |   |   |                     |           |
| Certificado   | 0087/07                                       | Data Calibração   | 11/01/07            | Pág 01/02 |
| Ordem de Serviço  | 0017 - 2                                      | Data Emissão  | 12/01/07            |           |
| <b>1 - Contratante</b>  |   |   |                     |           |
| Cliente   | Prevenção Indústria e Comércio e Serviço Ltda |   |                     |           |
| Endereço  | Rua Imperial, 1898 - São José - Recife - PE   |   |                     |           |
| <b>2 - Descrição do instrumento a calibrar</b>  |   |   |                     |           |
| Instrumento   | Paquímetro Quadrimensional                    |   |                     |           |
| Fabricante  | Mitutoyo                                      | Tag/Identificação   | LS-115              |           |
| Modelo  | 530-104                                       | Faixa de escala   | 150 mm              |           |
| Série   | ----  | Valor de uma divisão  | 0,05 mm             |           |
| <b>3 - Descrição do Padrão</b>  |   |   |                     |           |
| Instrumento/Tag   | Padrão Escalonado para Paquímetro - LI-04     |   |                     |           |
| Fabricante  | Mitutoyo                                      | Certificado/Órgão   | 2169/05 - Certi-RBC |           |
| Modelo/Série  | 515-555 / 410538                              | Incerteza   | ± 0,0014 mm         |           |
| Faixa de escala   | 300 mm  | Calibrado   | 16/05/05            |           |
| Valor de uma divisão  | ----  | Validade  | 16/05/08            |           |
| <b>4 - Condições de Calibração</b>  |   |   |                     |           |
| Este instrumento foi calibrado conforme procedimento interno CAL - 09 , em comparação ao padrão de referência acima descrito com 3 replicações em cada ponto. Na condição de temperatura de $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ com umidade relativa do ar $(60 \pm 20) \%$ durante a calibração.  |   |   |                     |           |
| <b>5 - Informações e Declarações</b>  |   |   |                     |           |
| A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k$ , o qual para uma distribuição $t$ com grau de liberdade efetivo ( $\nu_{\text{eff}}$ ) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 %, de acordo com a publicação EA-4/02 |   |   |                     |           |
| Este certificado de calibração atende aos requisitos NBR ISO/IEC 17025:2005 e os instrumentos foram calibrados com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração.   |   |   |                     |           |
| Este certificado de calibração é relativo apenas ao instrumento acima descrito, não se estendendo a lotes ou peças fabricadas em série. Sua reprodução só poderá ser total, e depende da aprovação por escrito deste laboratório  |   |   |                     |           |
| <br>George Valença<br>Gerente Técnico  |   |   |                     |           |
| <b>Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão</b>   |   |   |                     |           |
| Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE * fonefax 81-3274.9666 * Cel 81-9162.3155<br>CNPJ 00.682.722/0001-73 * I.E 18.3.001.0213368-7 * afericao@hotlink.com.br * www.afericao.kit.net   |   |   |                     |           |



**Aferição Ltda.**

### Certificado de Calibração

Certificado 1051/07  
Ordem de Serviço 0166 - 1

Data Calibração 02/03/07  
Data Emissão 05/03/07

Pág 02/02

#### 6 - Resultados

| Valor de Referência<br>mm | Média das Indicações<br>mm | Correção<br>mm | Incerteza<br>Medição(±)<br>mm | Fator de Abrangência<br>k |
|---------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|
| 100,0                     | 100,1                      | -0,1           | 0,3                           | 2,00                      |
| 199,9                     | 200,1                      | -0,2           | 0,3                           | 2,00                      |
| 299,9                     | 300,0                      | -0,1           | 0,3                           | 2,00                      |
| 399,9                     | 400,0                      | -0,1           | 0,3                           | 2,00                      |
| 500,0                     | 500,0                      | 0,0            | 0,3                           | 2,00                      |
| 600,0                     | 600,0                      | 0,0            | 0,3                           | 2,00                      |
| 700,0                     | 700,0                      | 0,0            | 0,3                           | 2,00                      |
| 800,0                     | 800,0                      | 0,0            | 0,3                           | 2,00                      |
| 900,1                     | 900,0                      | 0,0            | 0,3                           | 2,00                      |
| 1000,1                    | 1000,0                     | 0,1            | 0,3                           | 2,00                      |

#### Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonefax 81-3274.9666 \* Cel 81-9162.3155  
CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E. 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotlink.com.br \* www.afericao.kit.net

ANEXO IV - Certificado de Calibração da Régua Graduada, Faixa de Escala 1000 mm, divisão de 1 mm - (LS 120)




**Certificado de Calibração**

|                  |          |                 |          |           |
|------------------|----------|-----------------|----------|-----------|
| Certificado      | 1051/07  | Data Calibração | 02/03/07 | Pág 01/02 |
| Ordem de Serviço | 0166 - 1 | Data Emissão    | 05/03/07 |           |

---

**1 - Contratante**

Cliente: Prevenção Indústria e Comércio e Serviço Ltda  
 Endereço: Rua Imperial, 1898 - São José - Recife - PE

---

**2 - Descrição do instrumento a calibrar**

|             |                       |                      |         |
|-------------|-----------------------|----------------------|---------|
| Instrumento | Régua graduada de aço | Tag/Identificação    | LS-120  |
| Fabricante  | Stanley               | Faixa de escala      | 1000 mm |
| Módulo      | -----                 | Valor de uma divisão | 1 mm    |
| Série       | -----                 |                      |         |

---

**3 - Descrição do Padrão**

|                      |                                 |                   |                        |
|----------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|
| Instrumento/Tag      | Régua Graduada de Aço / LI - 01 | Certificado/Órgão | 5650/06 - Mitutoyo-RBC |
| Fabricante           | Tajima                          | Incerteza medição | 0,02 mm                |
| Modelo/Série         | SSRA0DC/ -----                  | Calibrado         | 03/07/06               |
| Faixa de escala      | 1000 mm                         | Validade          | 03/07/09               |
| Valor de uma divisão | 0,5 mm                          |                   |                        |

---

**4 - Condições de Calibração**

Este instrumento foi calibrado conforme procedimento interno CAL - 12, em comparação ao padrão de referência acima descrito com 3 replicações em cada ponto. Na condição de temperatura de  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  com umidade relativa do ar  $(60 \pm 20)\%$  durante a calibração.

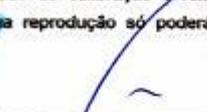
---

**5 - Informações e Declarações**

A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k$ , o qual para uma distribuição  $t$  com grau de liberdade efetivo ( $\nu_{\text{eff}}$ ) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 %, de acordo com a publicação EA-4/02

Este certificado de calibração atende aos requisitos NBR ISO/IEC 17025:2005 e os instrumentos foram calibrados com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração.

Este certificado de calibração é relativo apenas ao instrumento acima descrito, não se estendendo a lotes ou peças fabricadas em série. Sua reprodução só poderá ser total, e depende da aprovação por escrito deste laboratório

  
 George Valença  
 Gerente Técnico

**Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão**  
 Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonofax 81-3274.9666 \* Cel 81-9162.3155  
 CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotlink.com.br \* www.afericao.kit.net



**Aferição Ltda.**

### Certificado de Calibração

Certificado 0087/07  
Ordem de Serviço 0017 - 2

Data Emissão 11/01/07  
Data Calibração 12/01/07

Pág 02/02

#### 6 - Resultados

| Ponto | Valor de Referência<br>mm | Média das Indicações<br>mm | Correção<br>mm | Incerteza Medição(t)<br>mm | Fator de Abundância<br>k |
|-------|---------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|
|-------|---------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|

Medição Externa - P1 (face superior do bico), P2 (Intermediária) e P3 (Inferior)

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| P1 | 20,00  | 20,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P2 |        | 20,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P3 |        | 20,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P1 | 50,00  | 50,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P2 |        | 50,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P3 |        | 50,00  | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
| P1 | 100,01 | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
| P2 |        | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
| P3 |        | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
| P1 | 150,01 | 150,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
| P2 |        | 150,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
| P3 |        | 150,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |

Medição Interna

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| MI | 100,01 | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
|----|--------|--------|------|------|------|

Medição de Profundidade

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| MP | 100,01 | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
|----|--------|--------|------|------|------|

Medição de Ressonância

|    |        |        |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|
| MR | 100,01 | 100,00 | 0,01 | 0,03 | 2,00 |
|----|--------|--------|------|------|------|

Medição no meio do nônio

|    |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|
| P1 | 5,50 | 5,50 | 0,00 | 0,03 | 2,00 |
|----|------|------|------|------|------|

**Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão**

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonefax 81-3274.9666 \* Cel 81-9162.3155

CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotmail.com.br \* www.afericao.kit.net

ANEXO V - Certificado de Calibração do Alicata Amperímetro;



**LS ELETRONICA  
INDUSTRIAL**

## Certificado de Calibração

ABNT-NBR-9032/LS-IT-020

**Empresa:** Prevenção Industria Comercio e Serviços Ltda  
**Descricao:** Alicata Amperímetro Digital Minipa  
**Modelo No:** ET-3802  
**Serie No:** ET380200541  
**Código Instrumento:** -  
**Certificado No:** LS71201

Certifico que o produto acima foi calibrado de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT - NBR -9032), usando o procedimento aplicável na L.S Eletrônica.

Em intervalo planejado, os padrões de medida da L.S Eletrônica são calibrados por comparação ou mensurado contra padrões nacionais, constante física natural, padrões consensuais, ou por medidas relativas usando as técnicas de calibração interna.

Os Padrões utilizados são rastreáveis pela RBC (Rede Brasileira de Calibração) ou outro laboratório com padrões nacionalmente ou internacionalmente reconhecidos.

**Temperatura:** 22.0 °C +- 0.3 °C

**Comentários:**

**Data da Calibração:** 23/03/07  
**Data da Emissão:** 23/03/07

**Fred Ferreira do Amorim**  
Gerente

RUA ODILON ARAUJO, 460 - IPUTINGA - RECIFE - PE  
CEP. 50 680.170 FONE/FAX (081) 3453.7802/3453.2927



**LS ELETRONICA  
INDUSTRIAL**

## Certificado de Calibração

ABNT-NBR-9032/LS-IT-020

**Empresa:** Prevenção Industria Comercio e Serviços Ltda  
**Descricao:** Alicata Amperimetro Digital Minipa  
**Modelo No:** ET-3802  
**Serie No:** ET380200541  
**Código Instrumento:** -  
**Certificado No:** LS71201

| Modelo   | Descrição                 | Código | Certificado | Validade |
|----------|---------------------------|--------|-------------|----------|
| 34401 A  | Multimetro Digital HP     | E1X001 | CC.4717     | 28/08/09 |
| ET3200   | Multimetro Alicata Minipa | E1Y016 | E0414/2205  | 12/04/08 |
| 80J10    | Shunt Fluke               | E1Y031 | E0415/2205  | 12/04/08 |
| 25A150mV | Shunt Siemens             | E1Y032 | E0416/2205  | 12/04/08 |

### Tabela de Registro dos Ensaios.

| Valores do Padrão | Leituras Obtidas no Instrumento |          |          | Média  | Desvio | Incerteza da Medida |
|-------------------|---------------------------------|----------|----------|--------|--------|---------------------|
|                   | Medida 1                        | Medida 2 | Medida 3 |        |        |                     |
| Corrente DC       |                                 |          |          |        |        |                     |
| 50,0              | 50,0                            | 50,0     | 50,0     | 50,00  | 0,00   | 0,01                |
| 75,0              | 75,0                            | 75,0     | 75,0     | 75,00  | 0,00   | 0,01                |
| 100,0             | 101,0                           | 101,0    | 101,0    | 101,00 | 1,00   | 0,01                |
| 125,0             | 126,0                           | 126,0    | 126,0    | 126,00 | 1,00   | 0,01                |
| 150,0             | 151,0                           | 151,0    | 151,0    | 151,00 | 1,00   | 0,01                |
| Tensão DC         |                                 |          |          |        |        |                     |
| 10,0              | 10,0                            | 10,0     | 10,0     | 10,00  | 0,00   | 0,06                |
| 15,0              | 15,0                            | 15,0     | 15,0     | 15,00  | 0,00   | 0,06                |
| 20,0              | 20,0                            | 20,0     | 20,0     | 20,00  | 0,00   | 0,06                |
| 25,0              | 25,0                            | 25,0     | 25,0     | 25,00  | 0,00   | 0,06                |
| 30,0              | 30,0                            | 30,0     | 30,0     | 30,00  | 0,00   | 0,06                |
| 35,0              | 35,0                            | 35,0     | 35,0     | 35,00  | 0,00   | 0,06                |

- # O nível de confiança adotado para o cálculo da incerteza = 95 %
- # Os valores medidos e calculados de corrente DC estão expressos em Amperes.
- # Os valores medidos e calculados de Tensão DC estão expressos em Volts.

Este certificado é válido exclusivamente para o instrumento calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. A sua reprodução dependerá de prévia autorização do laboratório emissor.

RUA ODILON ARAUJO, 460 - IPUTINGA - RECIFE - PE  
CEP. 50 680.170 FONE/FAX (081) 3453.7802/3453.2927

ANEXO VI - Certificado de Calibração da Balança Digital, faixa de escala de 30 Kg, valor da divisão 0,01 Kg - (BA 01).



**Aferição Ltda.**



Laboratório  
recomendado  
Volkswagen

---

**Certificado de Calibração**

---

|                  |          |                 |          |           |
|------------------|----------|-----------------|----------|-----------|
| Certificado      | 4385/06  | Data Calibração | 29/12/07 | Pág 01/02 |
| Ordem de Serviço | 0836 - 1 | Data Emissão    | 29/12/07 |           |

---

**1 - Contratante**

|          |  |  |  |
|----------|--|--|--|
| Cliente  | Prevenção Ltda - Sérgio Álvares Filho        |  |  |
| Endereço | Rua Imperial, 1898 - São José - Recife - PE. |  |  |

---

**2 - Descrição do instrumento a calibrar**

|             |                 |                      |         |
|-------------|-----------------|----------------------|---------|
| Instrumento | Balança Digital | Tag/Identificação    | BA-01   |
| Fabricante  | Toledo          | Faixa de escala      | 30 Kg   |
| Modelo      | 2090 XIX        | Valor de uma divisão | 0,01 kg |
| Série       | 74333601.YV     |                      |         |

---

**3 - Descrição do Padrão**

|                 |                              |                   |                          |
|-----------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Instrumento/Tag | Jogo de Massa Padrão / MA-01 | Certificado/Órgão | 2049/05 CERTI-RBC        |
| Fabricante      | Ramuza                       | Incerteza         | $\pm 0,023$ a $\pm 5$ mg |
| Série           | -----                        | Calibrado         | 11/05/05                 |
| Faixa de escala | 5 g a 5000 g                 | Validade          | 11/05/08                 |
| Classe          | "F1"                         |                   |                          |

|                 |   |                   |                        |
|-----------------|---|-------------------|------------------------|
| Instrumento/Tag | Dois Pesos Formato Cilíndrico, com Câmara de Ajustagem / JGA.07.02.03 | Certificado/Órgão | CT099/2007 / CETEC-RBC |
| Fabricante      | Ramuza  | Incerteza         | $\pm 15$ mg            |
| Série           | -----   | Calibrado         | 09/02/07               |
| Faixa de escala | 10 Kg   | Validade          | 09/02/10               |
| Classe          | -----   |                   |                        |

---

**4 - Condições de Calibração**

Este instrumento foi calibrado conforme procedimento interno CAL - 23, em comparação ao padrão de referência acima descrito com 3 replicações em cada ponto.

Condição de temperatura de  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  com umidade relativa do ar  $(60 \pm 20)\%$  durante a calibração.

---

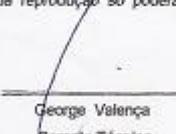
**5 - Informações e Declarações**

A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k$ , o qual para uma distribuição  $t$  com grau de liberdade efetivo ( $\nu_{\text{eff}}$ ) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 % acordo com a publicação EA-4/02

Esta calibração foi realizada com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração - RBC, estando em conformidade aos requisitos NBR 150/IEC 17025:2005.

Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica.

Este certificado de calibração é relativo apenas ao instrumento acima descrito, não se estendendo a lotes ou peças fabricadas em série. Sua reprodução só poderá ser total, e depende da aprovação por escrito deste laboratório.



George Valença  
Gerente Técnico

---

**Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão**

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonofax 81-3274.9666 \* Cel 81-8162.3155  
CNPJ 00.692.722/0001-73 \* I.E 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotmailink.com.br \* www.afericao.kit.net



**Aferição Ltda.**

### Certificado de Calibração

Certificado 4385/06  
Ordem de Serviço 0836 - 1

Data Calibração 29/12/07  
Data Emissão 29/12/07

Pág 02/02

#### 6 - Resultados

| Valor de Ref<br>Kg | Média das Indicações<br>Kg | Correção<br>Kg | Incerteza Medição<br>± kg | Fator de Abrangência<br>k |
|--------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|
| 0,50               | 0,50                       | 0,00           | 0,006                     | 2,00                      |
| 1,00               | 1,00                       | 0,00           | 0,006                     | 2,00                      |
| 2,00               | 1,99                       | 0,01           | 0,006                     | 2,00                      |
| 5,00               | 4,99                       | 0,01           | 0,006                     | 2,00                      |
| 10,00              | 9,98                       | 0,02           | 0,006                     | 2,00                      |
| 15,00              | 14,97                      | 0,03           | 0,006                     | 2,00                      |
| 20,00              | 19,96                      | 0,04           | 0,006                     | 2,00                      |
| 25,00              | 24,95                      | 0,05           | 0,006                     | 2,00                      |
| 28,00              | 27,95                      | 0,05           | 0,006                     | 2,00                      |

Excentricidade da Balança = 0,00 g

#### Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonefax 81-3274.9668 \* Cel 81-9162.3155  
CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotmail.com.br \* www.afericao.kit.net

ANEXO VII - Certificado de Calibração do Cronômetro Digital - (TS 02)



**Certificado de Calibração**

Certificado 4387/06 Data Calibração 29/12/06 Pág 01/01  
 Ordem de Serviço 0836 - 3 Data Emissão 29/12/06

**1 - Contratante**

Cliente Prevenção Ltda - Sérgio Álvares Filho  
 Endereço Rua Imperial, 1896 - São José - Recife - PE

**2 - Descrição do instrumento a calibrar**

Instrumento Cronômetro Digital  
 Fabricante Tehnos Tag/Identificação TS-02  
 Modelo ----- Faixa de escala 24 horas  
 Série ----- Valor de uma divisão 1 segundo

**3 - Descrição do Padrão**

Instrumento/Tag Cronômetro Padrão/CR-01 Certificado LTT - 0262/04  
 Fabricante OAKTON Laboratório Visomes - RBC  
 Série ----- Incerteza +/- 0,06 s  
 Faixa de escala 0:00:00 a 24:00:00 Calibrado 11/11/04  
 Valor de uma divisão h:min:s Validade 11/11/07

**4 - Condições de Calibração**

Este instrumento foi calibrado conforme procedimento interno CAL 25, em comparação ao padrão de referência acima descrito, Na condição de temperatura de  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  com umidade relativa do ar  $(60 \pm 20) \%$  durante a calibração.

**5 - Resultados**

| Valor de Referência<br>h:min:s | Média das Indicações<br>h:min:s | Correção<br>s | Incerteza de medição<br>± s | Fator de Abrangência<br>K |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
| 00:00:17,00                    | 00:00:17,00                     | 0,00          | 0,04                        | 2,0                       |
| 00:03:31,00                    | 00:03:31,00                     | 0,00          | 0,04                        | 2,0                       |
| 00:12:11,00                    | 00:12:11,00                     | 0,00          | 0,41                        | 2,0                       |
| 01:03:47,00                    | 01:03:47,00                     | 0,00          | 0,71                        | 2,0                       |

**6 - Informações e Declarações**

A incerteza expandida de medição, relatada neste certificado de calibração, é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência K, o qual para uma distribuição t com grau de liberdade efetivo ( $\nu_{\text{eff}}$ ) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente de 95 %, conforme publicação EA-4/02

Este certificado de calibração atende aos requisitos NBR ISO/IEC 17025:2005 e o instrumento foi calibrado com padrões rastreáveis à Rede Brasileira de Calibração.

Este certificado de calibração é relativo apenas ao instrumento acima descrito, não se estendendo a lotes ou peças fabricadas em série. Sua reprodução só poderá ser total, e depende da aprovação por escrito deste laboratório

George Valença  
Gerente Técnico

**Laboratório de Manutenção e Calibração de Instrumentos de Precisão**

Av. Prof. Joaquim Cavalcanti, 511 (BR 101 km 66) - Iputinga - 50.800-010 - Recife PE \* fonofax 81-3274.9666 \* Cel 81-9162.3155  
 CNPJ 00.682.722/0001-73 \* I.E 18.3.001.0213368-7 \* afericao@hotmail.com.br \* www.afericao.kit.net