

**O USO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA MITIGAR OS
PROBLEMAS DE SOLDA DE ARCO SUBMERSA AUMENTANDO SUA
QUALIDADE**

**THE USE OF QUALITY TOOLS TO MITIGATE THE SUBMERGED ARC
WELDING PROBLEMS INCREASING THEIR QUALITY**

Jadir P. dos Santos, Everton Ferreira de Oliveira, Alex Paubel Junger

Universidade Nove de Julho, Brasil

jadir@uninove.br, everton10001@hotmail.com, alexpaubel@hotmail.com

RESUMO

A solda de arco submersa é um dos processos mais utilizados na soldagem, porém como todos os processos, estão sujeitos a problemas, através de uma metodologia descritiva, de natureza qualitativa, com aplicação em um estudo de caso, usou-se algumas ferramentas da qualidade (Fluxograma, Brainstorming, Pareto, 5W2H's), para identificar com precisão alguns pontos onde há oportunidades de melhorias, e poder mitigá-los aumentando a qualidade do produto e também a qualificação da mão de obra na Indústria. Foram identificados problemas no processo produtivo, como: a falta de padronização na velocidade e forma utilizada no processo de soldagem e aplicação incorreta da corrente elétrica. Para estes casos, também foram sugeridos em sua matriz 5W2H's treinamentos e reciclagem periódica para todos os envolvidos em cada etapa do processo e também a elaboração de Instruções de Trabalho Padronizadas para cada etapa identificada.

Palavras chave: Ferramentas da qualidade, Solda arco submersa, Qualidade.

ABSTRACT

The submerged arc welding is one of the processes most commonly used in welding, but as all processes are subject to problems, through a descriptive methodology, qualitative, with application in a case study, we used some quality tools (flowchart, brainstorming, Pareto, 5W2H's) to accurately identify some points where there are opportunities for improvement, and can mitigate them increasing product quality and also the qualification of manpower in the industry. Problems were identified in the

production process, such as the lack of standardization in speed and form used in the welding process and incorrect application of electric current. For these cases, they were also suggested in his mother's 5W2H training and periodic refresher for everyone involved in each step of the process and also the development of Standardized Work Instructions for each identified step.

Key-words: Quality Tools, Welding submerged arc, Quality.

1. Introdução

Em qualquer segmento industrial em que se desenvolvam e fabricam produtos existe a necessidade de buscar processos competitivos com baixa probabilidade de erros, por isso o desenvolvimento das tecnologias atuais torna-se importante.

Nos processos de soldagem aparecem problemas de temperatura capazes de produzir deformações localizadas na camada superficial de qualquer tipo produto soldado, e prever

essa deformação com precisão é difícil, por isso o conhecimento da termodinâmica do processo de soldagem é importante, relata Siqueira Filho (2012) ao citar Benning.

Para nivelar o conhecimento necessário do assunto tem-se que saber, a soldagem é um processo de união de materiais usado para obter coalescência localizada de metais, produzida por aquecimento até uma temperatura, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição (AWS, 2002).

Os processos de soldagem podem acontecer de duas maneiras: Pressão/deformação e por fusão, Siqueira Filho (2012) se posiciona em relação a importância desses processos colocando a soldagem por arco como sendo a de maior importância no setor industrial, entre esses processos encontra-se a soldagem de arco submerso (*Submerged Arc Welding - SAW*), é um método em que o calor necessário para fundir o metal é produzido por um arco elétrico, criado entre a peça de trabalho e a ponta do arame de soldagem (BANDEI JR, 1997).

O processo pode ser usado para soldar seções finas, bem como seções espessas (5 mm até acima de 200 mm) e é usado principalmente nos aços carbono, de baixa liga e inoxidáveis. Ele não é adequado para todos os metais ligas. Tanto o metal base quanto a peça de fusão ficam submersos em um fluxo granuloso que protege contra os efeitos da atmosfera, onde a solda desenvolve-se sem faísca, luminosidade ou respingos (figura 1). Siqueira Filho (2012) descreve que o “fluxo na forma granular funciona como isolamento térmico, proteção, limpeza do arco e do metal depositado, garantindo uma excelente concentração de calor que caracteriza a alta penetração obtida por meio do processo”.

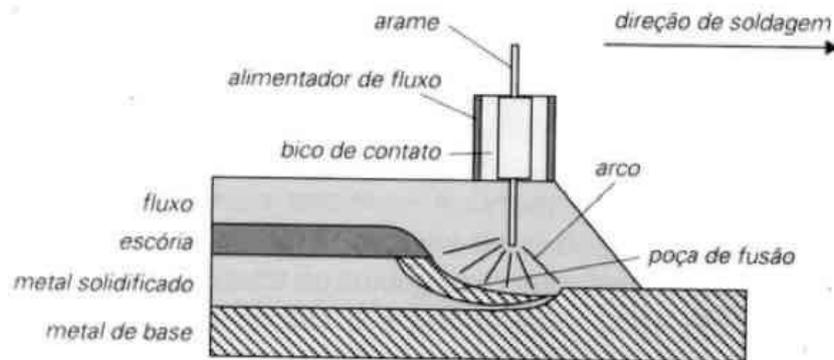


Figura 1 - Processo de soldagem SAW (Ramalho et al, 1997). Fonte. Siqueira Filho, 2012.

A soldagem por Arco Submerso é geralmente realizada com equipamentos automáticos, embora existam pistolas de soldagem manuais para o processo. Para aumentar a produtividade, um arranjo com vários consumíveis pode ser introduzido. Devido à sua elevada taxa de deposição de metal, é um processo particularmente adequado para longas articulações retas de boa qualidade na posição horizontal. É amplamente utilizado na fabricação de vasos de pressão, em plantas químicas, em estruturas pesadas, soldagem de tubos, em reparação e na indústria de construção naval (GIMENES JR,1997).

Uma das vantagens da soldagem por arco submerso está no seu rendimento, pois, praticamente não há perdas de material por projeções ou respingos. É possível também o uso de elevadas correntes de soldagem de até 400A, fato que aliado à alta densidade de corrente (60 a 100A/mm²), oferece uma elevada taxa de deposição, muitas vezes não encontrada em outros processos de soldagem, estas características tornam o processo de soldagem por arco submerso mais econômico e rápido, em média se gasta um terço do tempo necessário se fosse com eletrodo revestido (GIMENES JR, 1997 e PUGLIA et al).

A maior limitação do processo de soldagem por arco submerso é o fato de permitir apenas a soldagem nas posições plana ou horizontal. Ainda assim, a soldagem na posição horizontal só é possível com a utilização de retentores do fluxo de soldagem, no caso de soldagem circunferencial, pode-se recorrer a sustentadores de fluxo (GIMENES JR, 1997 e PUGLIA et al).

O processo de soldagem envolve diversos riscos segundo Hohn (2010) como: perfuração na parede, surgimento de trincas, etc. Esses problemas podem comprometer o produto, o custo, o cliente final, e eventualmente sérios danos ao operador e ao meio ambiente dependendo de sua aplicação.

A proposta desse artigo é mitigar os problemas de solda submersa, através do uso de ferramentas da qualidade, observando e entendendo o processo de solda arco submerso, para descobrir as possíveis falhas que causam a trinca na solda e propor ações para sua redução.

2. Ferramentas da qualidade

A qualidade segundo Seleme (2010) é um conceito largamente disseminado no mundo em busca de processos de trabalho capazes de atender a qualidade solicitada do mercado, nesse ponto as ferramentas da qualidade vêm apoiar a redução das restrições que o mercado impõe em seus processos e produtos.

O trabalho aplica 4 dessas ferramentas:(1) Fluxograma, (2) Brainstorming, (3) Diagrama de Pareto e (4) 5W2H's, para poder mitigar os problemas encontrados no processo de solda arco submersa.

2.1 Fluxograma

Representa a sequência de atividades e processos, demonstra o fluxo dessas ações e permite a identificação de problemas e qual a sua origem segundo Lagrosen, Ahmed, Hassan, Johansson et al citado por Oliveira (2010).

O fluxograma de processo, segundo Campos citado por Pinho *et al* (2007), é fundamental para a padronização e posterior entendimento do processo. Ele facilita a visualização ou identificação dos produtos produzidos, dos clientes e fornecedores internos e externos do processo, das funções, responsabilidades e dos pontos críticos.

2.2 Brainstorming

É uma atividade de grupo em que os participantes emitem ideias, opiniões de forma livre, em grande quantidade, sem críticas e no menor espaço de tempo possível. Utilizada para identificar as causas dos processos e conhecida também, como tempestade de ideias. As pessoas têm que se sentir relaxadas, pois isso estimula o

surgimento das ideias, posteriormente são avaliadas e categorizadas, priorizando as áreas de melhoria, segundo Bamford, Mortimer, Saaty, Shih, Vidal, Khanna, Bamford, Greatbanks citado por Oliveira (2010) e Nadae, Oliveira e Oliveira (2009).

2.3 Diagrama ou gráfico de Pareto

É uma das ferramentas mais utilizadas, e indica a frequência de cada causa ou falha ocorrida, segundo Bamford e Greatbanks, Efremov, Insua e Lotov citados por Oliveira (2010). É um gráfico em barras que organiza os dados do maior para o menor e direciona a atenção para os itens importantes, como por exemplo: ordem decrescente de frequência, segundo Hagemeyer, Gerhenson e Johnson citado por Nadae, Oliveira e Oliveira (2009).

2.4 5W2H's

O 5W1H pretendia responder a 6 questões: *Why? What? Who? When? Where? e How?* (Por que? O que? Quem? Quando? Onde? E como?). Já o 5W2H além dessas 6 ainda acrescenta uma sétima pergunta: *How much?* (Quanto?). São utilizados para identificar os relacionamentos entre as causas e a hierarquia e isto identifica a raiz dos problemas questionando a ocorrência de cada um, segundo Lin e Luh citado por Oliveira (2010) e Nadae, Oliveira e Oliveira (2009).

3. Metodologia

Com base em Yin (2015), e Severino (2000), o procedimento metodológico utilizado neste artigo é descritivo, de natureza qualitativa, como método de estudo de caso.

Foi realizada uma pesquisa empírica com trabalho em campo, o estudo de casos com análise qualitativa, sendo neste caso, uma visita técnica na empresa especializada em solda de arco submerso, que é localizada na cidade de São Paulo - SP. Na empresa foram realizadas entrevistas com os colaboradores e observação direta no processo da solda Arco Submersa.

Esta pesquisa teve a finalidade de observar e entender o processo de solda de arco submerso, para descobrir as possíveis falhas que causam a trinca na solda.

Na empresa, todo o processo de soldagem em arco submerso foi acompanhado, observado, avaliado e entendido, suas possíveis falhas, suas vantagens e desvantagens. Para melhor entendimento, primeiramente foi adotado um Fluxograma para orientação das etapas do processo. Em seguida foi realizado um Brainstorming para levantamento e identificação de situações que possam causar falhas no processo de solda. Após isso foi utilizado o Diagrama de Pareto na priorização das principais causas e, finalmente, a elaboração do plano de ação utilizando a Matriz de Planejamento (5W2H) para solução das causas apresentadas.

4. Estudo de caso

Os dados foram fornecidos pela empresa pesquisada cujo nome será mantido confidencialmente, que está no mercado há mais de 10 anos no ramo da construção de bens de capital para indústrias de base, pertencentes aos setores químicos, petroquímico, farmacêutico, alimentício, siderúrgico, minerador, energético e celulose/papel. Possui um moderno parque industrial com funcionários qualificados para produzir diversos equipamentos bem como para realizar serviços requeridos pelos clientes. A empresa pesquisada é composta por duas áreas distintas onde possui setores independentes de recebimento, preparação, corte montagem, solda, acabamento e expedição.

A primeira etapa do processo, mostrada no fluxograma (figura 1), se inicia com o recebimento da chapa de aço carbono.

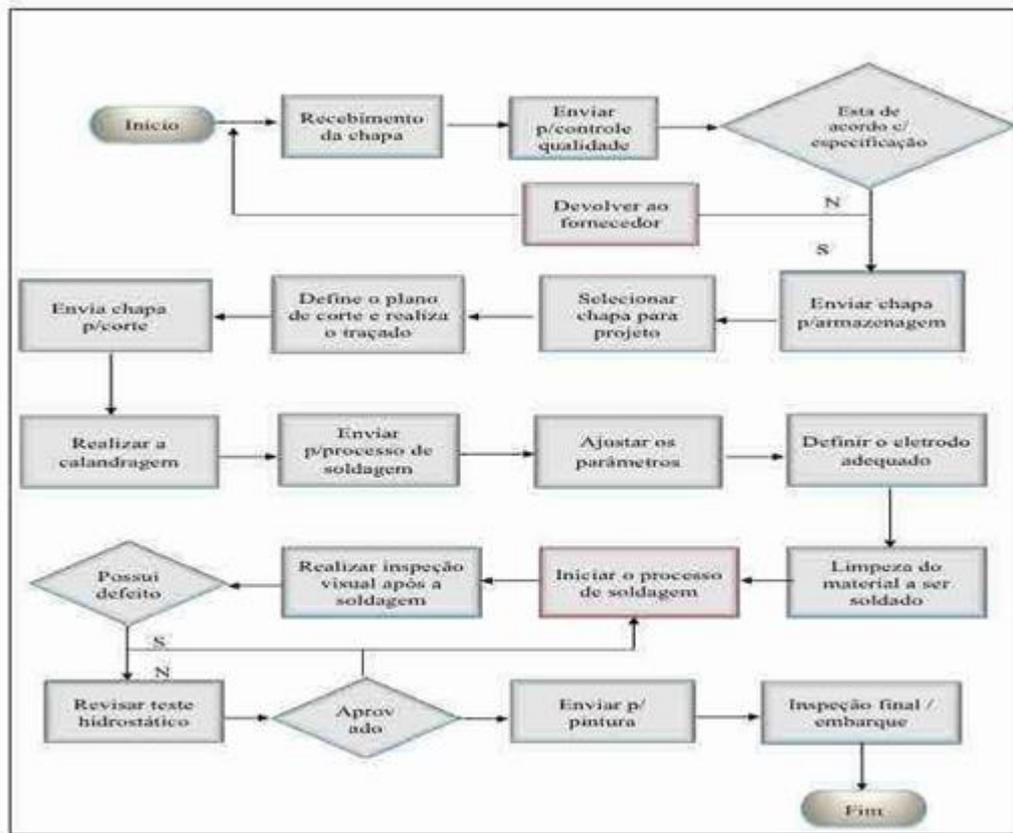


Figura 1 – Fluxograma do processo atual

Apos o recebimento e inspeção das chapas, ela é armazenada em local próprio no qual aguardará a liberação conforme a necessidade de fabricação. Quando isso ocorrer, a chapa é submetida a inspeção de qualidade e o inspetor responsável faz a liberação para o processo de corte do chanfro nas pontas (figura 2).



Figura 2 - Traçador no plano de corte da chapa. Fonte os autores.

Após o corte, a chapa é enviada ao processo de calandragem (figura 3), executado conforme desenho e informações do plano de soldagem do vaso de compressão.



Figura 3 – Processo de calandragem. Fonte os autores.

No processo seguinte, para o ajuste do equipamento de solda, o soldador de arco submerso vai colocar a chapa já calandrada nos roletes de apoio para soldagem onde será feito o nivelamento e esquadramento da mesma. Em seguida será feito a limpeza ou remoção de ferrugem, tintas, óleo, graxas, etc. Após essa etapa, são escolhidos o arame correto e o fluxo que devem estar armazenados em ambiente e temperatura adequados. A soldagem por arco submerso deve ser feita na horizontal (figura 5).



Figura 5 - Soldagem na horizontal. Fonte empresa pesquisada.

Após as etapas acima mencionadas, a peça é encaminhada para inspeção visual pelo inspetor de qualidade (figura 6), no qual verifica defeitos superficiais (trincas, mordeduras, reforços excessivos e irregularidade no cordão de solda). Estando em conformidade, é feito teste de pressão hidrostático com líquido penetrante (*DYE-CHECK*) para serem detectados defeitos superficiais (figura 7). Após todos estes

procedimentos será liberada para ser unida a outras partes que passaram pelo mesmo processo até chegarem à fase final, onde teremos as etapas de pintura e embarque.



Figura 6 - Inspeção visual. Fonte os autores.



Figura 7 - Teste hidrostático. Fonte os autores.

4.1 Discussões

Durante o processo de soldagem, foi identificada trinca de solidificação na solda. Após o levantamento de todo o processo, desde o recebimento da matéria prima até a entrega do produto pronto para o cliente final, foram identificadas oportunidades de melhoria no recebimento da matéria prima e nas etapas do processo produtivo, tais como, erro na velocidade da máquina, na espessura do arame, corrente elétrica e na forma de soldagem.

Com base nas informações levantadas, foi desenvolvido um estudo das causas e seus pontos mais importantes e elaborada uma proposta de melhoria no processo (plano de ação), com o intuito de alcançar uma melhor qualidade do processo e do produto final.

A seguir apresenta-se as etapas do processo de mitigação e sua proposta de melhoria, a etapa de melhoria não foi acompanhada para avaliar seus resultados, podendo ser uma proposta de outro artigo no futuro.

4.2 Análise do problema

Nesta etapa foi desenvolvido um *brainstorming* (Tabela 1), pelos autores coletando dados que possam levar a possíveis falhas no processo da soldagem por arco submerso.

| Brainstorming | |
|------------------------------|---|
| Comentários coletados | |
| | Medida da chapa errada |
| | Forma de soldagem |
| | Espessura do arame para soldagem |
| | Armazenagem do fluxo com temperatura errada |
| | Corrente elétrica errada |
| | Velocidade da soldagem incorreta |
| | Posição da soldagem de maneira imprópria |
| | Falha na inspeção visual |
| Comentários agrupados | |
| 01 | Corrente elétrica errada Velocidade da soldagem incorreta |
| 02 | Forma de soldagem Posição da soldagem de maneira imprópria |
| 03 | Falha na inspeção visual Espessura do arame para soldagem Armazenagem do fluxo com temperatura errada Medida da chapa errada |

Tabela 1 – Brainstoming da Coleta de dados.

Fonte: Os autores

Com os dados levantados, foi utilizado um Diagrama de Pareto (Tabela 2 e gráfico 1) para priorizar as principais causas a serem trabalhadas para resolução do problema.

| Frequência | Item | % | Acumulado |
|------------|---|----|-----------|
| 30 | Falha na inspeção visual | 30 | 30% |
| 15 | Velocidade da soldagem incorreta | 15 | 45% |
| 15 | Espessura do arame para soldagem | 15 | 60% |
| 10 | Corrente elétrica errada | 10 | 70% |
| 10 | Forma de soldagem | 10 | 80% |
| 10 | Armazenagem do fluxo com temperatura errada | 10 | 90% |
| 5 | Posição da soldagem de maneira imprópria | 5 | 95% |
| 5 | Medida da chapa errada | 5 | 100% |

Tabela 2 – Dados das falhas encontradas.

Fonte: Os autores



Gráfico 1 – Pareto das falhas encontradas. Fonte: Os Autores

Com as possíveis causas determinadas e priorizadas, foi possível estabelecer um plano de ação para correção do problema no processo de soldagem, utilizando-se da Matriz 5W2H (tabela 3).

| WHAT? (O quê?) | WHY? (Por que?) | WHERE? (Onde?) | WHO? (Quem?) | WHEN? (Quando?) | HOW? (Como?) | HOW MUCH? (Quanto?) |
|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------|
| Falha na inspeção | Falta de treinamento de reciclagem | Recebimento | Encarregado do setor | Reciclagem a cada 6 meses | Processo de treinamento com RH | 40 HH |
| Velocidade da soldagem | Falta de treinamento e conhecimento | Produção com operador da máquina | Encarregado da produção | Na contratação e a cada 3 meses | Processo seletivo e treinamento com RH; Padronizar instrução de trabalho. | 24 HH |
| Espessura do arame | Falta de conhecimento técnico | Recebimento e produção | Encarregados de cada setor | Na contratação e a cada 6 meses | Processo seletivo e treinamento com RH | 40 HH |
| Corrente elétrica errada | Falta de treinamento de reciclagem | Produção com operador da máquina | Encarregado da produção | Reciclagem a cada 6 meses | Processo de treinamento com Inspetor de Qualidade; Padronizar instrução de trabalho. | 40 HH |
| Forma de soldagem | Falta de treinamento de reciclagem | Produção com operador da máquina | Encarregado da produção | Reciclagem a cada 6 meses | Treinamento assistido com operador mais experiente; Padronizar instrução de trabalho. | 40 HH |

Tabela 3 – Matriz 5W2H's.

Fonte: Os Autores.

5. Considerações finais

Após análise de todo o processo e com a aplicação de algumas ferramentas da qualidade, foi possível identificar com precisão os pontos onde há oportunidades de

melhorias, que foram: falha na inspeção visual, velocidade da soldagem incorreta, espessura do arame para soldagem, corrente elétrica errada, forma de soldagem, armazenagem do fluxo com temperatura errada, posição da soldagem de maneira imprópria e medida da chapa errada.

Ao mitigar os problemas encontrados será aumentado a qualidade do produto e também a qualificação da mão de obra na Indústria Pesquisada.

Conforme mostrado na tabela 2 e Gráfico 1, percebe-se que uma das causas mais frequentes para o aparecimento de trincas, identificada na etapa inicial do processo, foi a falta de uma inspeção mais rigorosa no recebimento da matéria-prima, que representa 30% das falhas, no caso das chapas e 15% no caso dos arames de soldagem, foram sugeridos treinamento e reciclagem periódica para que todos os envolvidos possam adquirir conhecimento teórico e prático no processo de recebimento da matéria prima.

Na tabela 3, foram identificados problemas no processo produtivo, como: a falta de padronização na velocidade e forma utilizada no processo de soldagem e aplicação incorreta da corrente elétrica. Para estes casos, também foram sugeridos em sua matriz 5W2H's treinamentos e reciclagem periódica para todos os envolvidos em cada etapa do processo e também a elaboração de Instruções de Trabalho Padronizadas para cada etapa identificada.

Todas as propostas apresentadas são sugestões de baixo custo e rápida implementação, já que envolvem aplicação de recursos em treinamentos para qualificação da mão de obra.

Desta forma, aplicando as propostas de melhoria sugeridas espera-se uma redução significativa de trincas no processo produtivo da empresa pesquisada, aumentando a confiabilidade e qualidade do produto final, além de qualificar a sua mão de obra para o processo de soldagem por Arco Submerso.

Referências

AWS. *Structural Welding Code - Steel*, AWS D1.1 (2002).

BANDEI, S. D. *Soldagem* - Coleção Tecnologia SENAI- 1997

GIMENES JR, L. *Soldagem – Coleção Tecnológica SENAI- 1ªed. 1997*. Disponível em:

<<http://www.infosolda.com.br/artigos/processos-de-soldagem/497-processo-de-soldagem-arco-submerso.html>>, Acesso em: 30, marco, 2015.

HOHN, R. P. *Estudos da sensibilidade dos processos MIG/MAG e arame Tubular auto-protegido para a soldagem em operações de dutos*. 57 f. Trabalho de graduação de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

NADAE, J., OLIVEIRA, J. A., OLIVEIRA, O. J. *Um estudo sobre a adoção dos programas e ferramentas da qualidade em empresas com certificação ISO 9001: estudos de casos múltiplos*. GERPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 4, nr 4. Out-dez/2009, p.93-114.

OLIVEIRA et al. *Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo*. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/prod/2011nahead/aop_t6_0002_0302.pdf>. Acesso em: 23, julho de 2015.

PINHO, A. F. et al. *Combinação entre as técnicas de fluxograma e mapa de processo no mapeamento de um processo produtivo*. ENEGEP - XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007

PUGLIA, F. S. et al. *Soldabilidade em ferro fundido*. Revista Perspectivas on line: exatas & engenharia. Campos dos Goytacazes, 10 (4), 26-34, 2014.

R. K. Yin - *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. 5. ed. Bookman, 2015.

SELEME, R. *Controle da qualidade: as ferramentas essenciais*. Curitiba: Ibplex, 2010.

SIQUEIRA FILHO, A. V. *Estudo comparativo das tensões residuais em juntas soldadas pelas técnicas de medição por coordenadas e difração de raios-x*. 86 f. Tese (doutorado) Universidade federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Recife, 2012.

SEVERINO, J. S. *Metodologia de trabalho científica*. 21 ed. Ampliada. Cotez editora, 2000