

## APLICAÇÃO DA SOLDAGEM FCAW-S EM CONDUTOS SAC 350 NA EMPRESA HISA GRUPO WEG.

**Cristiano José Turra<sup>1</sup>, Mario Wolfart Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal Catarinense Campus Luzerna / cristianojturra@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Federal Catarinense Campus Luzerna / mario.wolfart@ifc.edu.br

**Resumo:** *As correntes de ar na soldagem em campo podem retirar os gases de proteção da poça fundida contra o ar atmosférico, o que gera defeitos no cordão de solda, causando a perda de propriedades mecânicas e metalúrgicas. A empresa HISA de Joaçaba – SC, realiza a soldagem de condutos SAC 350 em instalações de usinas hidroelétricas com o processo SMAW, o qual tem baixa taxa de deposição de material. Com o intuito de reduzir custos e solucionar problemas, a empresa HISA, juntamente com IFC Campus Luzerna, realizou uma pesquisa aplicada visando a substituição do processo SMAW pelo processo FCAW-S na soldagem dos condutos. O processo FCAW-S é indicado na aplicação em campo por apresentar resistência à maiores velocidades de correntes de ar do que o processo SMAW, além de manter as propriedades mecânicas do cordão de solda obtidas por outros processos de soldagem. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar o processo FCAW-S na soldagem de tubulações de SAC 350 em velocidade de corrente de ar de até 5 m/s. Foram realizadas soldagens na empresa HISA, em tubulações de aço SAC 350, simulando correntes de ar de diferentes velocidades. Foi retirado seções em diferentes posições da tubulação para analisar a qualidade do cordão de solda produzido. Os cordões de solda foram submetidos a análise visual, líquido penetrante e macrografia. Em um primeiro momento, foi observado a dificuldade do soldador se adaptar com as características de soldagem do processo. Cada tipo de processo e de consumível apresenta diferentes técnicas de soldagem, e isso precisa ser estudado. A conclusão principal desta discussão gira em torno da necessidade do treinamento dos soldadores para a soldagem com o processo FCAW-S, que não requer grande habilidade, porém exige técnica e prática operacional.*

**Palavras-Chave:** *Soldagem, FCAW-S, Vento, Metal de Solda.*

### 1. INTRODUÇÃO

A soldagem em locais abertos são comuns nas mais diversas áreas do setor industrial. Um dos problemas enfrentados pela soldagem nesse tipo de atividade é o vento, pois, dependendo da intensidade da corrente de ar e do processo de soldagem, pode provocar defeitos na junta de solda. A falha na proteção atmosférica da poça fundida gera instabilidade no arco elétrico e contamina o metal de solda, fragilizando a união. Além disso, a troca de calor e o resfriamento acelerado do cordão de solda durante a solidificação pode dificultar a evolução dos gases [1]. O tempo de resfriamento influi diretamente na microestrutura da junta soldada [2,3]. Taxas de resfriamento muito baixas promovem a formação de grãos grosseiros, e taxas de resfriamento muito elevadas promovem alta dureza e microestruturas características de baixa temperatura de transformação [4].

As soldagens realizadas sob ação de ventos de velocidade superior à 0,3 m/s ( $\approx 1,1$  km/h), podem causar ondulações na superfície (variações de deposição de material) e sensibilidade no arco, além de contaminação do metal de solda [4]. O cordão de solda pode absorver o nitrogênio do ar atmosférico, causando a diminuição da resistência e dureza do cordão [1], além de porosidades e rechupes [2]. Os processos MIG/MAG (GMAW - Gas Metal Arc Welding) e arame tubular

(FCAW-G - Gas Shielded Flux Cored Arc Welding), para correntes de ar com velocidade de 1 m/s (3,6 km/h), apresentam grande quantidade de poros [1], além de diminuição da tenacidade com o aumento da velocidade do vento [5]. O processo eletrodo revestido (SMAW - Shielded Metal Arc Welding), quando submetido a velocidades de vento de 4,5 m/s (16,2 km/h), produz soldas com durezas significativamente inferiores quando comparadas com soldas realizadas sem o efeito da corrente de ar [1].

Porém, nem sempre tais condições podem ser garantidas, e a soldagem em locais expostos à intempéries são bastante frequentes. Apesar da contraindicação de se realizar soldagens em locais com velocidades de vento superiores a 0,3 m/s, vários estudos indicam que os processos suportam velocidades de vento superiores à recomendada, sem prejudicar de forma agressiva as propriedades da junta soldada [6]. Souza et al. [7] constatou que a velocidade máxima de vento suportada pelo processo SMAW para determinados parâmetros de soldagem foi de 4 m/s (14,4 km/h).

O processo arame tubular auto protegido (FCAW-S Self-Shielded Flux-Cored Arc Welding), que faz a proteção da poça fundida através da queima do fluxo interno sem gás de proteção adicional, é indicado para soldagem em campo e apresenta características de resistência ao vento superiores aos demais processos. Estudos revelam que o processo FCAW-S suporta velocidades de corrente de ar de 5 m/s (18 km/h) [7]. Este estudo teve como objetivo principal caracterizar o processo FCAW-S na soldagem de tubulações de SAC 350 em velocidade de corrente de ar de até 5 m/s.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Preparação dos Tubos SAC 350.

O Metal de Base (MB) utilizado foi chapas calandradas em semi-círculo (a partir daqui tratadas como *tubos*), de aço comercial SAC 350, parede 12,5 mm, diâmetro 1,5 m e comprimento de 2 m. A preparação para a soldagem foi realizada através da limpeza e construção da junta. Foi preparado um chanfro de 30° nos tubos para obter a penetração total na junta. A Figura 1 representa o formato e as dimensões da junta dos tubos para soldagem.

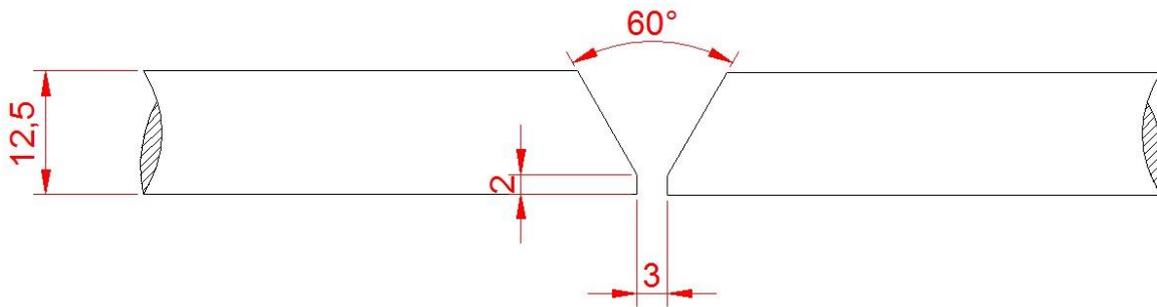


Figura 1 - Junta de soldagem. Seção transversal. Escala em milímetros.  
Fonte: próprios autores.

O consumível utilizado foi o AWS E71T-11, de 1,6 mm de diâmetro, que utiliza como meio de proteção atmosférica da poça fundida, a queima do fluxo interno sem adição de gás. Esse tipo de consumível foi escolhido por ser um dos mais utilizados e próprios para a soldagem estrutural e por ser aplicável em todas as juntas, além de ser compatível com o metal de base. Após a fabricação da junta de solda, os tubos foram posicionados para a soldagem conforme a Figura 2.



Figura 2 – Posicionamento das chapas calandradas para a soldagem.  
Fonte: próprios autores.

## 2.2. Equipamento para Geração de Corrente de Ar.

A geração da corrente de ar foi realizada através de um exaustor de ar conectado a um inversor de frequência, afim de possibilitar o ajuste da velocidade desejada. A medição da

velocidade da corrente de ar simulada, foi realizada através de um anemômetro digital Windmesser 7607.01.000.

### 2.3. Parâmetros de Soldagem.

Os parâmetros de soldagem foram definidos através das recomendações especificadas pelo fabricante do consumível, da revisão bibliográfica [1;7], dos testes preliminares e condições de soldagem (formato e dimensões da junta). Os parâmetros escolhidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de soldagem utilizados na soldagem dos tubos.

| Posição no tubo      | Corrente Raiz (média) (A) | Corrente Preenchimento (média) (A) | Tensão Raiz (V) | Tensão Preenchimento (V) | Polaridade (raiz e preenchimento) |
|----------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Plana                | 183                       | 275                                | 17,6            | 19,1                     | CC-                               |
| Vertical Descendente | 185                       | 212                                | 17,6            | 18,5                     | CC-                               |
| Sobre cabeça         | 178                       | 175                                | 17              | 17                       | CC-                               |

Além disso a corrente e a tensão foram mensuradas durante as soldagens, a fim de identificar instabilidade do arco elétrico provocada pela ação das correntes de ar. A aquisição dos valores de tensão e corrente foram adquiridos através de um alicate amperímetro e um multímetro, conectados à fonte de soldagem.

### 2.4. Soldagem dos Corpos de Prova.

As soldagens foram realizadas na empresa HISA de Joaçaba – SC, em local fechado, para que se obtivesse total controle das correntes de ar que age na região do cordão de solda. Os tubos foram posicionados de acordo com a posição de soldagem desejada. A corrente de ar gerada, para os testes com corrente de ar, foi direcionada para a região de soldagem, sendo que sua velocidade atingiu a desejada. Foram avaliadas três posições (plana, vertical e sobre cabeça), para quatro velocidades de correntes de ar (0 m/s, 2 m/s, 3,5 m/s e 5 m/s). A soldagem foi realizada com uma fonte Hylong MIG-400, em dois a três passes, dependendo da posição. As recomendações de Machado [8] relacionadas ao processo FCAW-S foram utilizadas para a soldagem dos tubos do presente estudo. A Figura 3 mostra a soldagem dos tubos simulando correntes de ar.

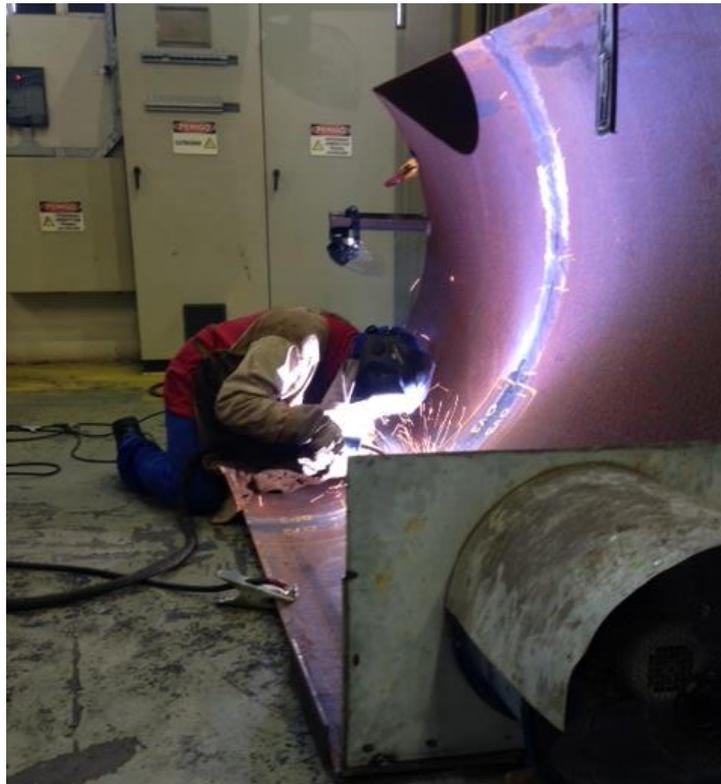


Figura 3 - Sistema de soldagem com corrente de ar simulada.  
Fonte: próprios autores.

### 2.5. Ensaios.

Para verificação da qualidade do cordão de solda foi realizada a inspeção visual da junta soldada, com objetivo de verificar a existência (ou não), de defeitos como porosidade, acabamento e respingos, na superfície do cordão. Basicamente, nesta análise avalia-se, em um primeiro momento, se o cordão de solda está com boa ou má qualidade.

Para a verificar a existência de defeitos superficiais foi realizado o ensaio de líquido penetrante. Como referência para este ensaio foi utilizada a norma ASTM E 165 [9].

Foi realizado análises macrográficas da Zona Fundida (ZF) e Zona Termicamente Afetada (ZTA). Também foi avaliado se ocorreu falta de fusão, porosidade e sobreposição. Para revelação da ZF e ZTA, foi realizada a preparação metalográfica e ataque químico com Nital 7% (7% HNO<sub>3</sub> e 90% álcool etílico 99,5° GL) pelo método de imersão, na secção transversal do corpo de prova. Essa preparação foi realizada através da norma ASTM E 3 [10], referente a esta atividade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

### 3.1. Inspeção Visual.

A inspeção visual demonstrou defeitos de soldagem em todas as posições e velocidades de corrente de ar. Foi observado falta de deposição, sobreposição, respingos, mordeduras e inclusões. A Figura 4 mostra os cordões de solda para a posição plana da tubulação nas quatro velocidades de corrente de ar.

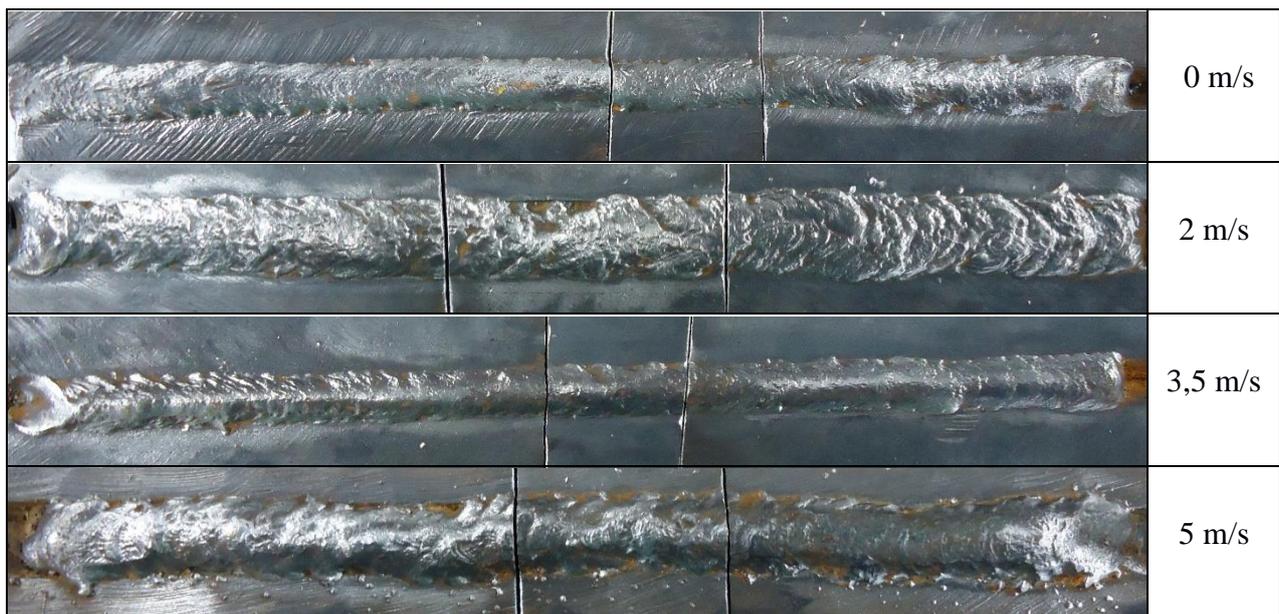


Figura 4 – Cordões de solda produzidos em diferentes velocidade de corrente de ar na posição plana da tubulação.  
Fonte: próprios autores.

A Figura 5 mostra os cordões de solda para a posição vertical da tubulação nas quatro velocidades de corrente de ar.

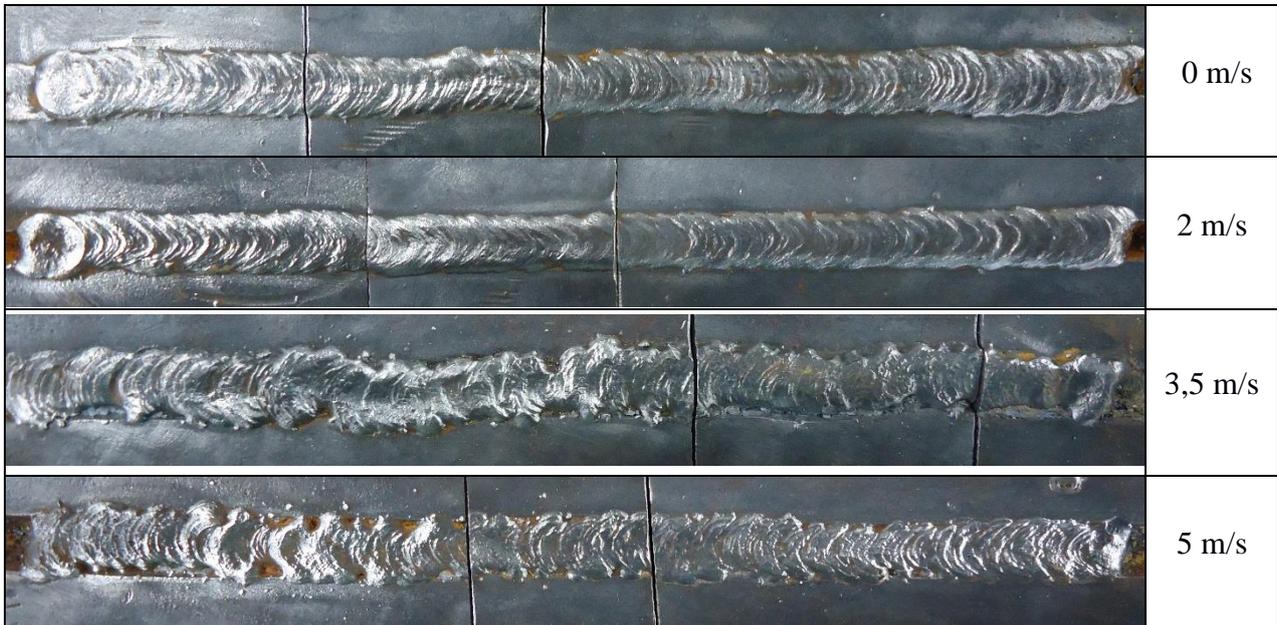


Figura 5 – Cordões de solda produzidos em diferentes velocidade de corrente de ar na posição vertical da tubulação.

Fonte: próprios autores.

A Figura 6 mostra os cordões de solda para a posição sobre cabeça da tubulação nas quatro velocidades de corrente de ar.

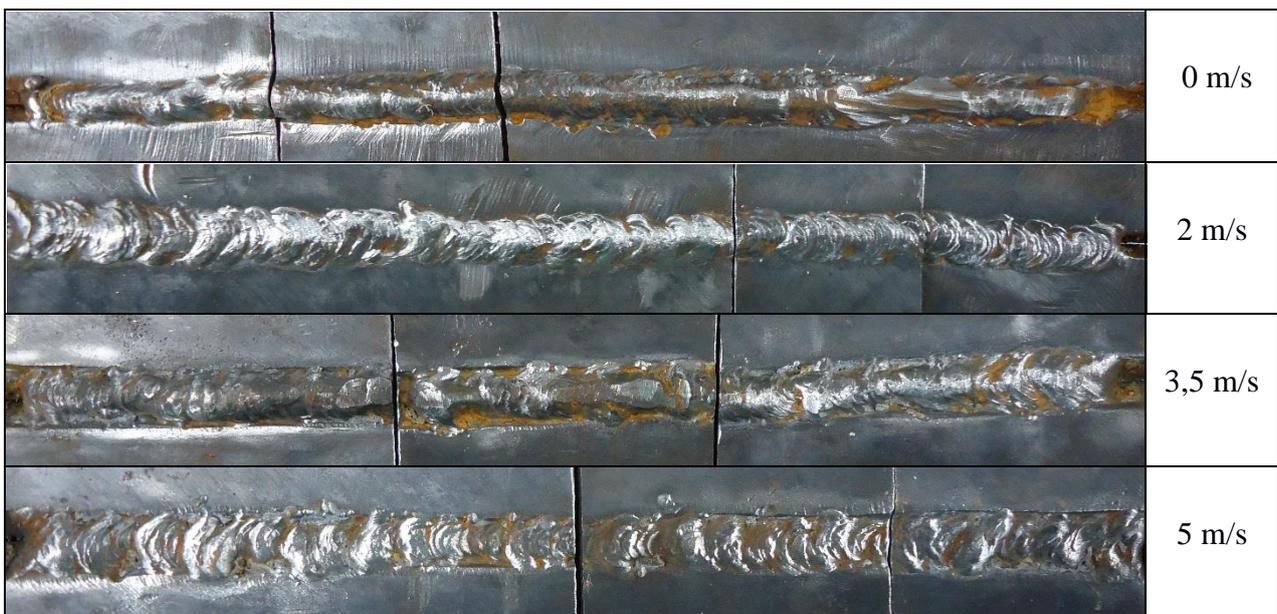


Figura 6 – Cordões de solda produzidos em diferentes velocidade de corrente de ar na posição sobre cabeça da tubulação.

Fonte: próprios autores.

### **3.2. Ensaio de Líquido Penetrante e Macrografia.**

O ensaio de líquido penetrante confirmou a existência de defeitos tanto para os cordões realizados com corrente de ar como para os cordões realizados sem correntes de ar. Esses defeitos podem ser oriundos da inexperiência do soldador com o processo FCAW-S. A análise macrográfica mostrou, além dos defeitos já mencionados, falta de penetração e inclusões de escória ao longo de todo o cordão, desqualificando o cordão de solda.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho foi fundamental para a observação da adaptação do soldador com o processo FCAW-S. Apesar de ser um processo muito semelhante ao FCAW-G, já utilizado na empresa, ficou evidente que é necessário utilizar treinamentos para que os soldadores se adaptem as características operacionais. Cada tipo de processo e de consumível apresenta diferentes técnicas de soldagem, e isso precisa ser estudado. Em relação as condições de correntes de ar, não foi possível quantificar a mudança de propriedades devido a questão de adaptação e qualificação do soldador, que prejudica a qualidade dos cordões de solda realizados.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao IFC Campus Luzerna pelo financiamento da bolsa do projeto. À empresa ESAB do Brasil, que disponibilizou o arame consumível para a realização do estudo, bem como suporte técnico. À empresa HISA (Hidráulica Industrial S. A.), por possibilitar o trabalho em conjunto, bem como a assistência e acompanhamento no desenvolvimento do projeto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] FEMA (Federal Emergency Management Agency), State of the Art Report on Welding and Inspection, FEMA-355B/September, 2000.

[2] LESSA, R. M. de A. Efeito do ventos sobre as propriedades mecânicas do Aço A-36: 2010. 98p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco.

- [3] MOOJEN R.G., MACHADO I. G., MAZZAFERRO J. A. E. et al., Efeitos da Taxa de Resfriamento na Soldagem do Aço API 5L-X80. 2015. p. 1-13
- [4] RADAJ, D. Heat Effects of Welding. Berlim, Springer-Verlag. 1992, 348p.
- [5] BONISZEWSKI, T. Self-Shielded Arc Welding. Abington Publishing. Cambridge, England. 1992.
- [6] VILARINHO, L.O. Medição, Controle e Armazenamento. Notas de Aula, Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem, Universidade Federal de Uberlândia, 2013, 1-88.
- [7] SOUZA, D.; ARAÚJO, D. B. et al., Estudo Exploratório sobre a Resistência da Soldagem as Correntes de Ar (Ventos) Utilizando os Processos de Soldagem Eletrodo Revestido (SMAW), Eletrodo Tubular (FCAW) e Eletrodo Tubular Auto protegido (FCAW-S). In: CONGRESSO NACIONAL DE SOLDAGEM, 39º, 2013, Curitiba, Associação Brasileira de Soldagem, 2013. 1-12.
- [8] MACHADO, I. G. Soldagem a Arco com Eletrodo Tubular. 1ªEd., Porto Alegre: editado pelo autor, 1996. Pg. 158-169.
- [9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E 165: Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination. EUA. 2002. 20 p.
- [10] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E 3: Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. EUA. 1995. 8 p.