

INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE DEFEITOS INTERNOS NAS PROPRIEDADES DE UMA JUNTA SOLDADA DO AÇO AISI 1010*

Márcio Ulysses Silva de Carvalho¹
Carlos Vinícius Pinheiro dos Santos²
Monique Osório Talarico da Conceição³
Fábio de Oliveira Braga^{4,5}

Resumo

Este trabalho tem como objeto de estudo a relação das tensões geradas por defeitos internos em juntas soldadas e as suas criticidades. Na presente aplicação, o objetivo foi identificar a posição de defeito mais crítica da solda de uma chapa quando submetida às tensões de tração. Para a obtenção e análise dos resultados, foram realizados os ensaios não-destrutivos de ultrassom Phased Array e o ensaio visual, bem como os ensaios destrutivos de macrografia e tração. Os resultados mostraram que para a presente aplicação, mesmo na presença de defeitos internos, as juntas soldadas obtiveram maior resistência que o metal de base.

Palavras-chave: Tensão; Defeito; Junta soldada; Ensaios destrutivos e não destrutivos.

INFLUENCE OF THE POSITION OF INTERNAL DEFECTS ON THE PROPERTIES OF A AISI 1010 STEEL WELDED JOINT

Abstract

This work has as object of study the relation of the tensions generated by internal defects in welded joints and its criticalities. In the present application, the objective was to identify the most critical defect position on a welded sheet, when subjected to tensile stresses. In order to obtain and analyze the results, the non destructive Phased Array ultrasound and visual tests were performed, as well as the destructive tests such as macrography and tensile tests. The results showed that, for the present application, even in the presence of internal defects, the welded joints obtained greater strength than the base metal.

Keywords: Stress; Defect; Welded joint; Destructive and non-destructive tests.

¹ *Tecnólogo, Graduação Tecnológica em Processos Metalúrgicos, Faculdade SENAI Rio, Rio de Janeiro, RJ e Brasil.*

² *Tecnólogo, Graduação Tecnológica em Processos Metalúrgicos, Faculdade SENAI Rio, Rio de Janeiro, RJ e Brasil.*

³ *Física, D.Sc., Docente, Especialização em Engenharia de Soldagem, Faculdade SENAI Rio, Rio de Janeiro, RJ e Brasil.*

⁴ *Engenheiro Metalurgista, D.Sc., Docente, Graduação Tecnológica em Processos Metalúrgicos, Faculdade SENAI Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

⁵ *Engenheiro Metalurgista, D.Sc., Pesquisador, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

Ainda hoje, dentro da indústria, existe uma grande preocupação com o controle de qualidade das juntas soldadas para as mais diversas aplicações. Juntas soldadas são encontradas e aplicadas nas mais diferentes áreas como petroquímica, aeroespacial, construção civil, farmacêutica, metalúrgica, entre outras [1-2].

A maioria das juntas soldadas são fabricadas por processos de soldagem por fusão a arco elétrico, estes possuindo as mais variadas características. Entretanto, todos os processos tem algo em comum, o risco de introduzirem nas peças soldadas as chamadas descontinuidades ou defeitos. Defeitos podem ser entendidos como um desvio de uma característica ou uma não-conformidade de um produto, de um item, ou de um componente que pode acarretar na inviabilidade do uso de um equipamento, produto ou até mesmo de uma simples peça [3].

No processo de união dos materiais através dos processos de soldagem por fusão a arco elétrico, são geradas tensões trativas e compressivas na região da junta soldada, em função das transformações metalúrgicas e das reações químicas e físicas que ocorrem naquela região [4]. Quando ao final de um processo de soldagem verifica-se a presença de descontinuidades ou defeitos (após avaliações e realização de ensaios específicos com a aplicação de padrões, normas, procedimentos), tem-se a geração de novas tensões nas extremidades destas descontinuidades ou defeitos.

O presente trabalho tem como objetivo identificar qual a região mais crítica de uma junta soldada em uma chapa de aço carbono 1010 que apresenta defeitos/descontinuidades em profundidades diferentes, quando submetida às tensões de tração.

Para o melhor alcance dos resultados foram realizadas algumas etapas:

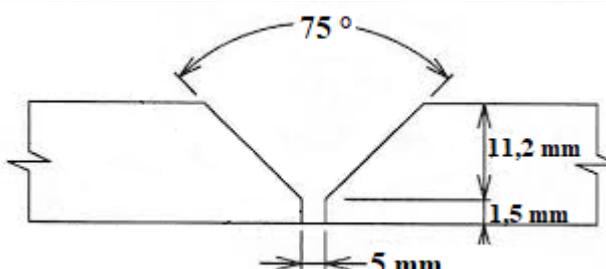
1. Avaliação do posicionamento das descontinuidades inseridas.
2. Análise da macroestrutura das amostras após os processos de soldagem, com o objetivo de identificar a posição dos defeitos.
3. Avaliação da resistência à tração nas regiões com os defeitos em diferentes profundidades.

Este trabalho poderá contribuir para que outros experimentos possam ser realizados, a fim de comprovar por meio de testes laboratoriais, quais são as zonas ou regiões mais críticas de uma junta soldada para um aço Fe-C (SAE J403 1010) em função das características dos defeitos ou descontinuidades, assim como o dimensional, a orientação, o tipo, o processo que originou a descontinuidade/defeitos, entre outros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhido como metal de base o aço de baixo carbono SAE 1010. Os testes foram realizados em chapas soldadas com chanfro em “V”, com espessura de 10 mm, na posição de soldagem 2G. Os processos para a soldagem dos corpos de prova escolhidos foram GTAW (*Gas Tungsten Arc Weld* – Soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa) na raiz da junta e o GMAW (*Gas Metal Arc Weld* – soldagem a arco com proteção gasosa) com o uso de gás de proteção ativo (MAG – *Metal Active Gas*), para o enchimento da junta. Os parâmetros de soldagem tiveram como base as normas ASME B31.3, ASME IX-07 E N-133J. Tais parâmetros e o detalhamento do chanfro da junta soldada estão apresentados na tabela 01.

Tabela 1: Parâmetros de soldagem utilizados neste trabalho.

| Parâmetros de soldagem | Raiz | Enchimento |
|------------------------------------|--|------------------|
| Processo de soldagem | GTAW/TIG | GMAW/MAG |
| Especificação (SFA) | 5.18 | 5.18 |
| Classificação (AWS) | ER70S3 | ER70S6 |
| Diâmetro (mm) | 2,5/3,2 | 1,2/1,6 |
| Corrente (tipo, polaridade, faixa) | CC, (-), 80-130 | CC, (+), 100-260 |
| Tensão (Volts) | 10-15 | 18-30 |
| Detalhamento do chanfro em V |  | |

Fonte: autores, 2018.

2.1. Preparação e Soldagem dos Corpos de Prova

Para a simulação dos defeitos inseridos na junta soldada foram utilizadas amostras do eletrodo de tungstênio do processo GTAW de 2,5 mm de diâmetro. Estes defeitos foram inseridos nas juntas soldadas, localizados na raiz e no enchimento das juntas. Foi posicionado um defeito próximo de cada extremidade e um defeito ao centro do cordão de solda. O total de defeitos inseridos foram de seis, sendo que três foram inseridos em uma junta soldada apenas na região da raiz do corpo de prova, sendo os outros três defeitos inseridos na região do enchimento do cordão de solda do outro corpo de prova. O comprimento dos defeitos e o posicionamento são mostrados na tabela 02.

Tabela 2: Localização e dimensão dos defeitos colocados na região do enchimento e da raiz da junta.

| Defeitos | Raiz | | Enchimento | |
|----------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | Dimensão (Ø x Comp) | Posição | Dimensão (Ø x Comp) | Posição |
| D1 | 2,5 x 34 mm | 50mm | 2,5mm x 22mm | 31mm |
| D2 | 2,5 x 47 mm | 123mm | 2,5mm x 36mm | 125mm |
| D3 | 2,5 x 26 mm | 200mm | 2,5mm x 32mm | 242mm |

Fonte: autores, 2018.

2.2. Ensaio não Destrutivos nos CP'S

De forma a garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos, foram realizados os ensaios não destrutivos de visual e dimensional de solda e o ensaio por ultrassom com a técnica avançada de phased array.

No ensaio visual e dimensional de solda aplicou-se a técnica do ensaio visual direto, verificando, primeiramente, a condição superficial dos corpos prova, a fim de detectar qualquer não conformidade que pudesse interferir na execução do processo de soldagem. Após isso foi realizado uma inspeção dimensional da junta soldada (medição da espessura da peça, do ângulo do chanfro, do espaçamento da raiz, alinhamento da junta, com uso dos equipamentos: escala, paquímetro, calibre fpts, calibre HiLo) de forma a verificar se as dimensões discriminadas na EPS foram atendidas. Após as soldagens dos corpos de prova foram inspecionadas as regiões da face e da raiz das juntas para avaliar a presença ou não de descontinuidades (trincas, poros, mordeduras, falta de penetração, falta de fusão, deposição insuficiente, concavidade, sobreposição).

Para a avaliação das descontinuidades internas nos corpos de prova foi realizado o ensaio por ultrassom através da técnica do Phased Array. Foi utilizado o equipamento OmniScan MX2 da Olympus disponibilizado no laboratório de ultrassom do IST Solda – Instituto Senai de Tecnologia em Solda. A inspeção foi realizada pelos dois lados das juntas soldadas. O intuito do uso desta técnica foi para comprovar e visualizar através das imagens, a localização das descontinuidades inseridas artificialmente e a presença ou não de outras descontinuidades.

2.3. Ensaio Destrutivos nos CP's

Para a realização dos ensaios destrutivos, foram escolhidos os seguintes ensaios: ensaio de macrografia e o ensaio de tração. O ensaio de macrografia foi realizado em três amostras selecionadas, enquanto que o ensaio de tração foi executado em todas as amostras preparadas.

Inicialmente foi realizado o ensaio de Macrografia, para uma avaliação do aspecto da seção transversal da junta. O objetivo desse ensaio foi avaliar a homogeneidade do material, a distribuição das falhas e qualidade dos processos de soldagem.

Foram seccionadas nove amostras na direção transversal ao cordão de solda nas duas juntas soldadas (uma com defeitos na raiz e outra com defeitos no enchimento). Oito amostras continham as descontinuidades inseridas (com quatro na raiz e quatro no enchimento) e uma amostra com ausência de qualquer tipo de descontinuidade. Foram selecionadas três amostras de melhor acabamento para análise macrográfica da junta soldada.

Devido o processo de corte realizado, as amostras apresentaram riscos provenientes do corte e não foi possível realizar a remoção total dos mesmos. O lixamento manual consistiu no uso de lixas de SiC com granulometria de 80, 180, 320 e 600 mesh. Após este processo foi realizado o ataque químico com solução de nital (10%) para revelação da macroestrutura

Figura 1: Macrografia das amostras escolhidas com defeitos localizados na raiz, no enchimento e sem defeito.



Fonte: autores, 2018.

Para a avaliação da resistência mecânica das amostras selecionadas, utilizou-se o ensaio de tração. Os limites de comprimento e largura do corpo de prova foram definidos conforme a configuração do equipamento de tração utilizado no ensaio (Máquina Universal de Ensaio – SHIMADZU) disponibilizado no laboratório de ensaios mecânico do IST Solda. Os parâmetros seguidos para a realização do ensaio foram conforme a norma API1104. A tabela 3 mostra o dimensionamento dos corpos de prova utilizados no ensaio de tração e a posição dos defeitos.

Tabela 3: Dimensionamento dos corpos de prova para o ensaio de tração

| Identificação | Material | Espessura (mm) | Largura (mm) | Área (mm ²) | Posicionamento do defeito |
|---------------|----------|----------------|--------------|-------------------------|---------------------------|
| CP01 | 1010 | 10 | 44 | 440 | Raiz |
| CP02 | 1010 | 10 | 31 | 310 | Raiz |
| CP03 | 1010 | 10 | 44 | 440 | Raiz |
| CP04 | 1010 | 10 | 33 | 330 | Raiz |
| CP05 | 1010 | 10 | 32 | 320 | Enchimento |
| CP06 | 1010 | 10 | 32 | 320 | Enchimento |
| CP07 | 1010 | 10 | 28 | 280 | Enchimento |
| CP08 | 1010 | 10 | 32 | 320 | Sem defeito |

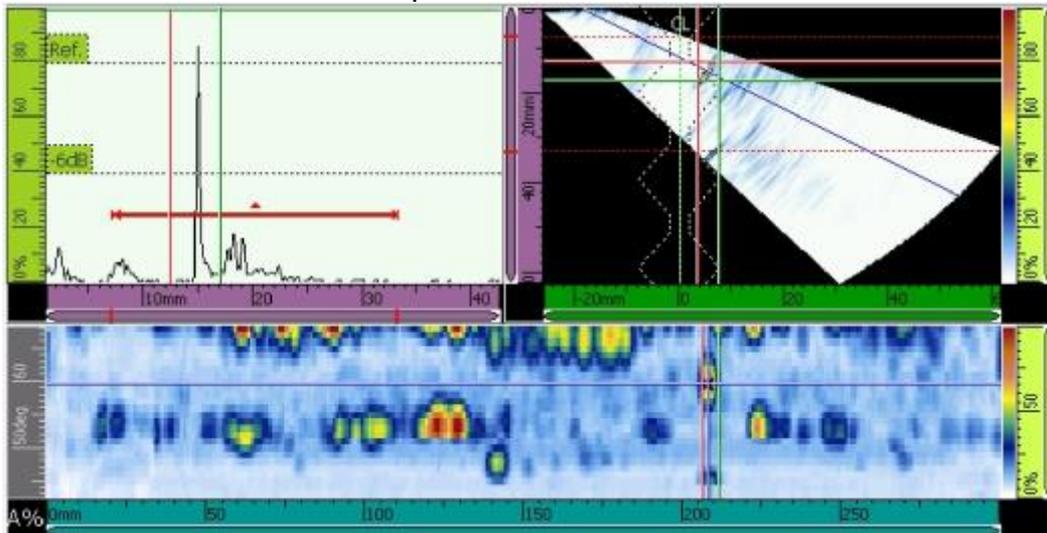
Fonte: autores, 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o ensaio de ultrassom pela técnica do Phased Array nos dois corpos de prova, um com os defeitos inseridos na região da raiz da junta e outro com defeitos inseridos no enchimento da junta.

Durante a realização do ensaio no corpo de prova com defeitos inseridos na raiz, foi possível verificar o aparecimento de uma descontinuidade na região de localização entre 205 a 215 mm na profundidade de 7 mm, conforme mostra a Figura 2.

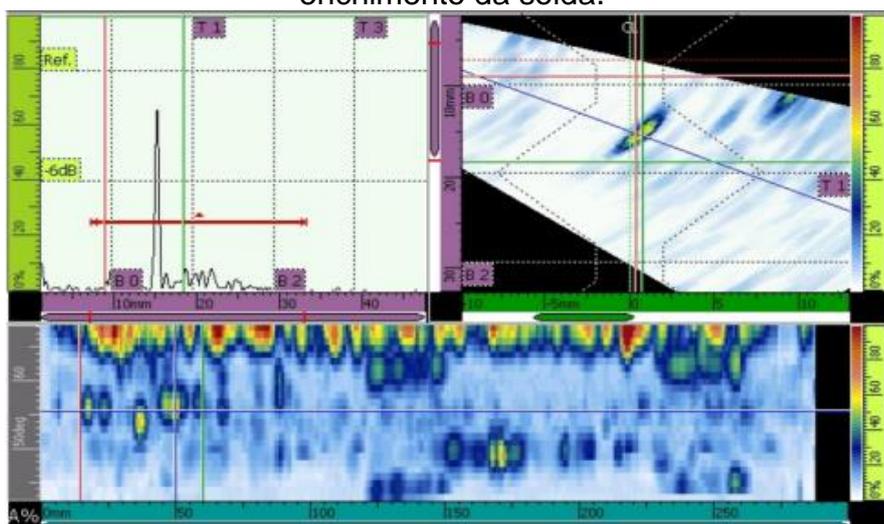
Figura 2: Imagem do resultado usando técnica do Phased Array, no corpo de prova com defeitos posicionados na raiz da solda.



Fonte: autores, 2018.

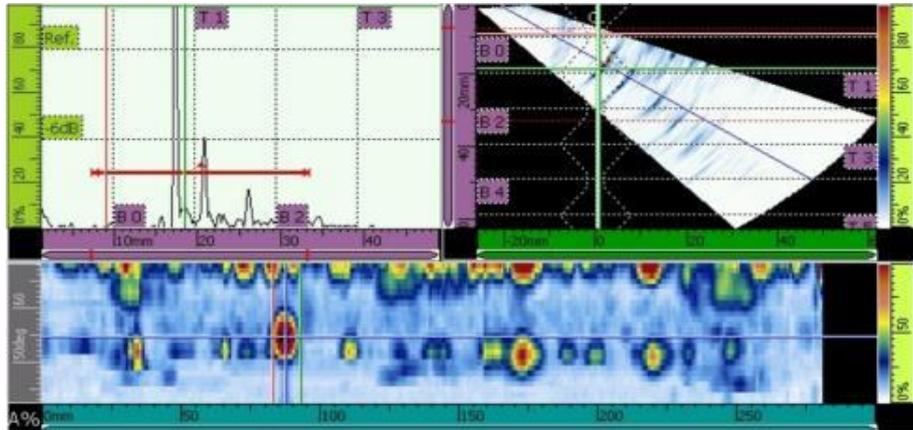
Na realização do ensaio na junta soldada com defeitos no enchimento, foi possível verificar a presença de duas indicações de defeitos dentro da região de interesse da junta soldada. A primeira indicação localizava-se entre 20 e 49 mm, na profundidade de 4,4 mm, conforme mostra a figura 3. A outra indicação localizava-se entre 65 e 95 mm, na profundidade de 2,4 mm, conforme mostra a figura 4.

Figura 3: Imagem do resultado do defeito localizado entre 20 e 49 mm usando técnica do Phased Array, no corpo de prova com defeitos posicionados no enchimento da solda.



Fonte: autores, 2018.

Figura 4: Imagem do resultado do defeito localizado entre 65 e 95 mm, usando técnica do Phased Array, no corpo de prova com defeitos posicionados no enchimento da solda.



Fonte: autores, 2018.

A não detecção completa dos defeitos inseridos durante os processos de soldagem, pode ter sido ocasionada por uma mudança de orientação/posição dos defeitos durante o processo de fusão e solidificação da junta soldada.

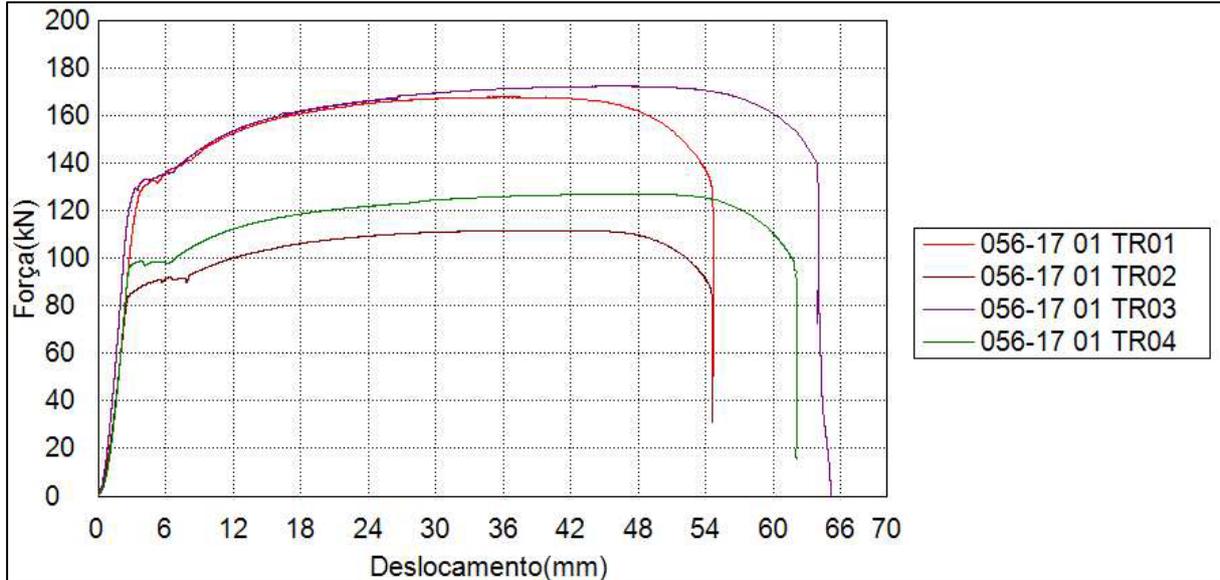
No ensaio de tração os rompimentos ocorreram na região do metal de base para todas as amostras, sem que fosse observada qualquer deformação na região das juntas soldadas. Dos resultados obtidos foi verificado que o limite de escoamento das amostras estava dentro da faixa do limite de escoamento do aço 1010 laminado a frio de 300 MPa. A variação dos resultados finais deve-se ao fato das áreas das amostras não terem as mesmas dimensões. As amostras com as maiores áreas apresentaram maiores resultados de força aplicada (faixa de 160 a 180KN) na seção transversal das amostras. As amostras com menores seções transversal apresentaram resultados dentro da faixa de 100 a 130KN para a força aplicada. Na tabela 4 têm-se os resultados obtidos após a realização do ensaio de tração. Nas figuras 5 e 6 pode ser visualizada graficamente a relação entre a força aplicada e deformação ocorrida para cada amostra analisada.

Tabela 4: Resultados obtidos do ensaio de tração.

| Corpos de Prova | Escoamento 0,2% N/mm ² | Máx_Tensão N/mm ² | Ruptura_Tensão N/mm ² |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| CP01 | 302,529 | 380,384 | 277,084 |
| CP02 | 290,191 | 360,112 | 275,114 |
| CP03 | 303,492 | 391,287 | 301,354 |
| CP04 | 297,840 | 384,812 | 289,140 |
| CP05 | 297,330 | 365,286 | 275,527 |
| CP06 | 313,095 | 373,847 | 280,041 |
| CP07 | 300,369 | 383,938 | 278,185 |
| CP08 | 292,538 | 372,868 | 274,219 |

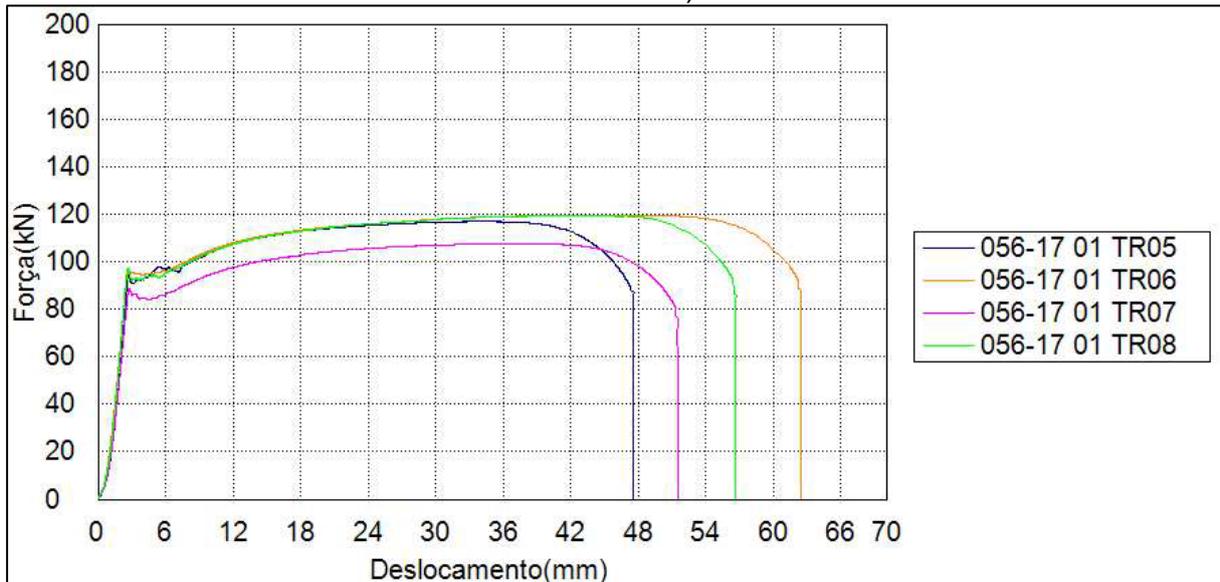
Fonte: autores, 2018.

Figura 5: Gráfico Força aplicada x deslocamento (amostras com defeitos na raiz).



Fonte: autores, 2018.

Figura 6: Gráfico Força aplicada x deslocamento (amostras com defeitos no enchimento).



Fonte: autores, 2018.

3 SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Em todas as amostras que tiveram os defeitos de eletrodo de tungstênio com tório (AWS A-5.12 EWTh-2), foi possível verificar que os mesmos não fundiram completamente durante a execução dos processos de soldagem. A não ocorrência da diluição completa do tungstênio na zona fundida pode se dar pelo fato do ponto de fusão do mesmo ser aproximadamente de 3400 °C.

O ensaio não destrutivo de ultrassom com a técnica por phased array não identificou todos os defeitos inseridos, sendo registrado apenas um defeito na raiz da junta e dois defeitos no enchimento, dos seis defeitos inseridos. A mudança de

orientação/posição e o tipo dos defeitos inseridos durante a execução dos processos de soldagem podem ter contribuído para estes resultados.

No ensaio de tração, todas as amostras romperam no metal de base. A inclusão do defeito (eletrodo de tungstênio) dentro da junta soldada não foi um fator preponderante para os resultados obtidos.

O uso de uma EPS garantiu que um padrão de qualidade fosse dado à soldagem realizada, fazendo com que, mesmo na presença de defeitos no interior das juntas soldadas, o material formado após a soldagem mantivesse resistência maior que o metal de base. Ou seja, mesmo que venha conter defeitos com essas características geométricas, em uma soldagem bem executada, a região da zona fundida continua sendo com maior resistência que o metal de base.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem IST Solda pela realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- 1 Modenesi PJ; Marques PV, Bracarense AQ. **Soldagem: Fundamentos e tecnologia**. Ed. UFMG. 2011.
- 2 Wainer E, Brandi SD, Mello FDH. **Soldagem: processos e metalurgia**. São Paulo: Ed. Blücher. 1992.
- 3 International Atomic Energy Agency (IAEA). Non-destructive testing: A guidebook for industrial management and quality control personnel. Vienna, Austria. 1999.
- 4 Colpaert H. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. São Paulo: Blücher, 2008.