



ANÁLISE COMPARATIVA DE JUNTA SOLDADA PELO PROCESSO SMAW COM ELETRODOS E7018 E UTP LEDURIT 61 EM AÇO CARBONO

André Fernando Gregorio¹

Felipe Andrade²

Tiago Teixeira da Silva³

Gilson de March⁴

Jamile Thön Langbehn⁵

Pedro Henrique Menegaro Possamai⁶

Vânia Medeiros Ribeiro⁷

Anderson Daleffe⁸

Resumo: Este trabalho realiza uma análise comparativa entre dois eletrodos: o E7018, amplamente utilizado pela sua tenacidade e ductilidade, e o UTP LEDURIT 61, indicado para aplicações com alto desgaste. O objetivo é avaliar o desempenho de ambos em termos de resistência mecânica, comportamento estrutural e microestrutura. Para isso, foram realizadas soldagens em chapas de aço carbono SAE 1020 com espessura de $\frac{1}{4}$ " para ambos os eletrodos, seguindo norma AWS B2.1/B2.1M:2021. Foram conduzidos ensaios de tração, microdureza Vickers, análise metalográficas. Os resultados do ensaio de tração evidenciam que o eletrodo E7018 apresenta comportamento predominantemente dúctil antes da fratura, enquanto o UTP LEDURIT 61 revela nenhuma deformação plástica antes da ruptura. Esses resultados possibilitam a comparação do desempenho dos eletrodos em diferentes condições, oferecendo subsídios técnicos para a escolha mais adequada nos processos de soldagem industrial.

Palavras-chave: Soldagem. Eletrodo E7018. UTP LEDURIT 61. Aço carbono. Microestrutura. Resistência mecânica.

¹ Graduando em Manutenção Industrial, UNISATC. E-mail: andregabee@yahoo.com.br

² Graduando em Manutenção Industrial, UNISATC. E-mail: felipeeletroandrade@gmail.com

³ Graduando em Manutenção Industrial, UNISATC. E-mail: tiagosalticar@hotmail.com

⁴ Doutorando UFRGS e Professor do Centro Universitário UNISATC. E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁵ Doutoranda UFRGS e Professora do Centro Universitário UNISATC. E-mail: jamile.thon@satc.edu.br

⁶ Mestrando em Engenharia Metalúrgica UNISATC, E-mail: pedro.possamai@satc.edu.br

⁷ Mestranda em Engenharia Metalúrgica UNISATC. E-mail: vania.ribeiro@satc.edu.br

⁸ Doutor e Professor do Centro Universitário UNISATC. E-mail: anderson.daleffe@satc.edu.br



1 INTRODUÇÃO

A soldagem é um dos principais processos de união de materiais metálicos utilizados na indústria moderna, sendo essencial em setores como construção civil, naval, automobilístico e petroquímico. A escolha adequada do processo de soldagem e dos consumíveis influencia diretamente nas propriedades mecânicas, na durabilidade e na integridade estrutural do componente soldado. Esse processo consiste na aplicação localizada de calor, com ou sem pressão e com ou sem material de adição, promovendo a coalescência entre os metais [1]; [2]; [3]; [4].

Dentre os diversos processos existentes, a soldagem por eletrodo revestido (SMAW – *Shielded Metal Arc Welding*) destaca-se pela sua simplicidade, portabilidade e baixo custo, sendo amplamente utilizada em campo e oficinas. Nesse processo, a escolha correta do eletrodo é essencial para garantir a qualidade da solda e o desempenho da junta soldada, já que o tipo de revestimento, a composição do núcleo metálico e a técnica aplicada influenciam diretamente nas propriedades finais do cordão de solda [5]; [6].

A compreensão teórica dos processos metalúrgicos envolvidos e das características dos consumíveis utilizados permite tomar decisões técnicas mais adequadas para aplicações específicas. Dessa forma, a escolha entre eletrodos como o E7018 e o UTP LEDURIT 61 deve ser fundamentada no tipo de solicitação mecânica, nas condições de trabalho e na necessidade de resistência ao desgaste, garantindo assim confiabilidade e segurança ao componente soldado [7]; [8].

O eletrodo E7018 é classificado como de baixo hidrogênio, com revestimento básico-rutílico e presença de aditivos metálicos, como ferro-pó. Esse consumível apresenta excelente soldabilidade, boa resistência à trinca e elevada tenacidade, sendo especialmente indicado para soldagens críticas em aços carbono e aços de baixa liga com resistência média à tração. Por suas características, é amplamente recomendado em aplicações estruturais que exigem confiabilidade e desempenho, como em pontes, caldeiras, vasos de pressão e estruturas metálicas em geral [9]; [10].

Por outro lado, o eletrodo UTP LEDURIT 61 é um consumível especial, utilizado para aplicações de hardfacing, isto é, revestimentos duros que proporcionam elevada resistência ao desgaste abrasivo, impacto e compressão. Esse eletrodo produz depósitos de alta dureza com presença de carbonetos, sendo adequado para

a recuperação e proteção de superfícies de trabalho como lâminas, rolos, engrenagens e ferramentas industriais.[11]; [12].

2 MATERIAIS E METODOS

O trabalho a seguir detalhará as etapas do processo e a influência do tipo de eletrodo utilizado para cada processo conforme o fluxograma da figura 1.

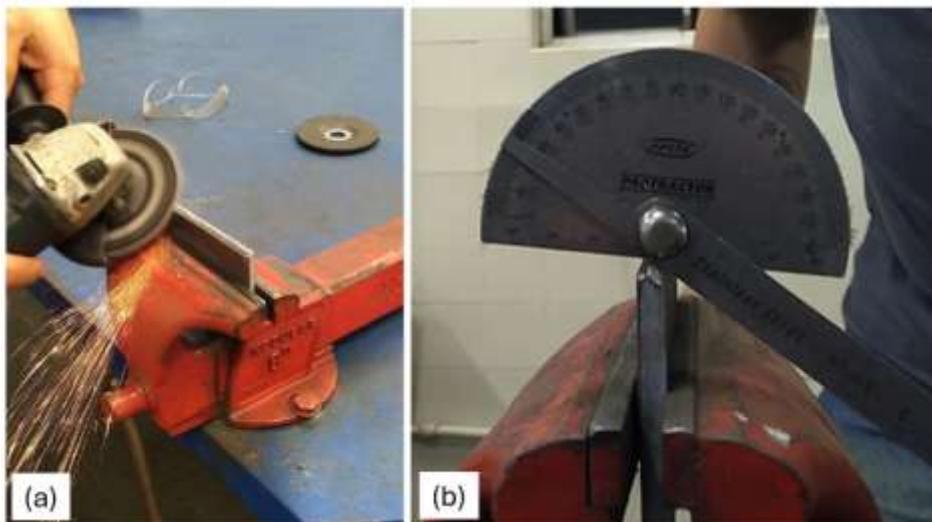


Figura 1. Fluxograma das etapas do trabalho

2.1 PREPARAÇÃO DO CORPO DE PROVA

Foram utilizadas chapas de aço carbono SAE 1020 com dimensões aproximadas de 150 mm x 75 mm x 6,35 mm, destinadas à execução de soldas comparativas com os eletrodos E7018 e UTP LEDURIT 61. As chapas foram preparadas com chanfro unilateral a 30°, em conformidade com procedimentos de soldagem para reparos e uniões de média espessura, estabelecidos pela norma AWS D1.1/D1.1 M2020, seção 5 (Qualification) [13], representados conforme figura 2.

Figura 2: Preparação do chanfro: (a) Desbaste para preparação do chanfro; (b) Medida do chanfro finalizado.



Fonte: Do autor

Foi adotado um espaçamento de raiz de 2 mm, com o objetivo de favorecer a penetração total do metal de solda já no primeiro passe (passe de raiz), garantindo a fusão completa entre as bordas da junta.

As superfícies a serem soldadas foram cuidadosamente limpas com escova de aço e lixa, removendo carepas de laminação, óxidos e outros contaminantes que poderiam comprometer a qualidade da solda.

2.2 SOLDAGEM E7018

A soldagem foi realizada utilizando uma máquina ESAB Origo Arc 455 (220/380/440 V), no processo de eletrodo revestido (SMAW). Foram empregados os eletrodos E7018 e UTP LEDURIT 61, ambos com diâmetro de 3,25 mm. Para cada consumível, a corrente de soldagem foi ajustada em 110 A (Amperes), aplicando-se a técnica de movimento puxando com tecimento circular, o que proporcionou melhor uniformidade, estabilidade do arco e qualidade do cordão. A figura 3 representa a união com eletrodo E7018(a) e UTP LEDURIT 61(b).

Figura 3: União das chapas: (a) Eletrodo E7018; (b) UTP LEDURIT 61.



Fonte: Dos autores (2025)

2.3 ANÁLISE METALOGRÁFICA

A análise metalográfica da Zona Termicamente Afetada (ZTA) teve como objetivo identificar as alterações microestruturais provocadas pelo processo de soldagem na região adjacente ao cordão de solda. A ZTA é caracterizada por transformações estruturais causadas pelo ciclo térmico do processo de soldagem.

O corte da amostra foi realizado em uma serra com refrigeração para evitar aquecimento da amostra, conforme figura 4. Foi retirado um corpo de prova de cada amostra contemplando a região da solda, ZTA e metal de base.

Figura 4: Corte da amostra em serra com refrigeração.



Fonte: Dos autores (2025)



Após o corte transversal da junta soldada, a amostra foi submetida à retificação, com o objetivo de regularizar as superfícies e remover possíveis deformações ou irregularidades geradas durante o processo de corte. Essa etapa foi realizada em retificadora plana, sob refrigeração, garantindo o paralelismo das faces e a planicidade necessária para as etapas subsequentes de lixamento e polimento.

Os corpos de prova foram embutidos em baquelite para garantir uma boa etapa de preparação.

A etapa de lixamento foi realizada manualmente com lixas de carbeto de silício de diferentes granulações, em ordem crescente iniciando pela lixa #80 até #1200, sob água corrente. Posteriormente, realizou-se o polimento, utilizando pano de polimento com alumina 1 µm em solução aquosa. A revelação da microestrutura ocorreu por meio do ataque químico utilizando o reagente Nital 2% por 10 segundos, permitindo a observação de suas características internas desde o material de base até a zona fundida por meio de microscopia óptica [14].

Para aquisição das amostras foi utilizado um microscópio óptico Olympus BMX com ampliações de 50x, 100x e 200x.

2.4 MICRO DUREZA

O ensaio de microdureza Vickers foi realizado utilizando um microdurômetro modelo HMV-2TADW, da marca Shimadzu®, em conformidade com a norma ABNT NBR ISO 6507 [15]. Para a aplicação da carga, foi utilizada uma força de 9,807 N por 10s. Foram efetuadas 10 indentações ao longo da seção transversal da amostra, com espaçamento regular de 1 milímetro entre cada ponto de medição.

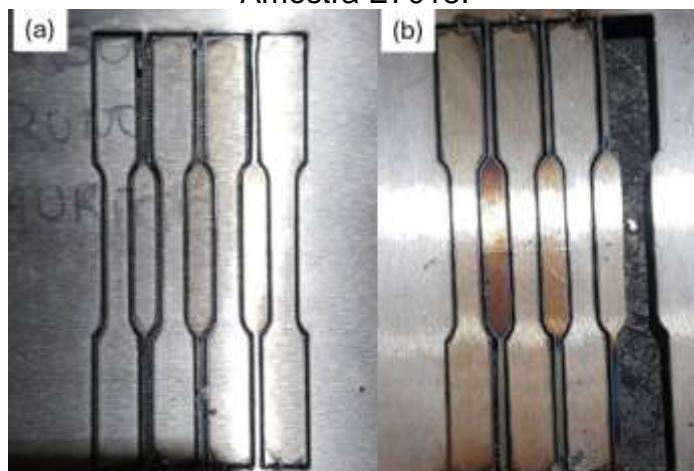
2.5 ENSAIO DE TRAÇÃO

Para a realização do ensaio de tração, as amostras soldadas passaram por uma etapa de preparação, incluindo usinagem e corte dos corpos de prova.

As amostras foram fresadas para retirada do excesso de altura do cordão de solda. Após, foram retificadas para promover planicidades das peças, garantindo a continuidade da espessura das peças ao longo da região soldada e evitando a presença de falhas que possam levar a um rompimento incorreto durante o ensaio.

As chapas usinadas passaram por um processo de corte a laser para confecção dos corpos de prova do ensaio de tração, com dimensões conforme norma E8/E8M – 15^a [16]. Os corpos de prova foram cortados no sentido transversal a junta soldada, garantindo que a região de solda ficasse localizada exatamente no meio destes. A Figura 5 mostra os corpos de prova após o corte a laser.

Figura 5: Corpos de prova para ensaio de tração. (a) Amostra UTP LEDURIT 61; (B) Amostra E7018.



Fonte: Dos autores (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa são apresentados nessa seção, com as devidas considerações.

3.1 ANÁLISE METALOGRÁFICA

A análise metalográfica possibilita examinar a microestrutura do material e da Zona Termicamente Afetada (ZTA) em juntas soldadas, permitindo avaliar as transformações microestruturais resultantes da aplicação dos eletrodos E7018 e UTP LEDURIT 61.

3.1.1 Eletrodo E7018

A Figura 6 mostra a região da junta soldada com aumento de 50x para o eletrodo E7018.

Figura 6: Metalografia da junta soldada com eletrodo E 7018. Ampliação de 50x.



Fonte: Dos autores (2025)

A microestrutura revelada no ensaio é característica de um aço hipoeutetóide composta por ferrita pró eutetóide e perlita, tanto do material de base como no material de adição. A Figura 7 mostra com maior ampliação a junta soldada. Nessa região, observa-se a formação de ferrita com morfologia acicular bem como ferrita de Widmanstätten, características do resfriamento rápido que ocorre na junta soldada.

Figura 7: Metalografia da junta soldada com eletrodo E 7018. Ampliação de 200x.

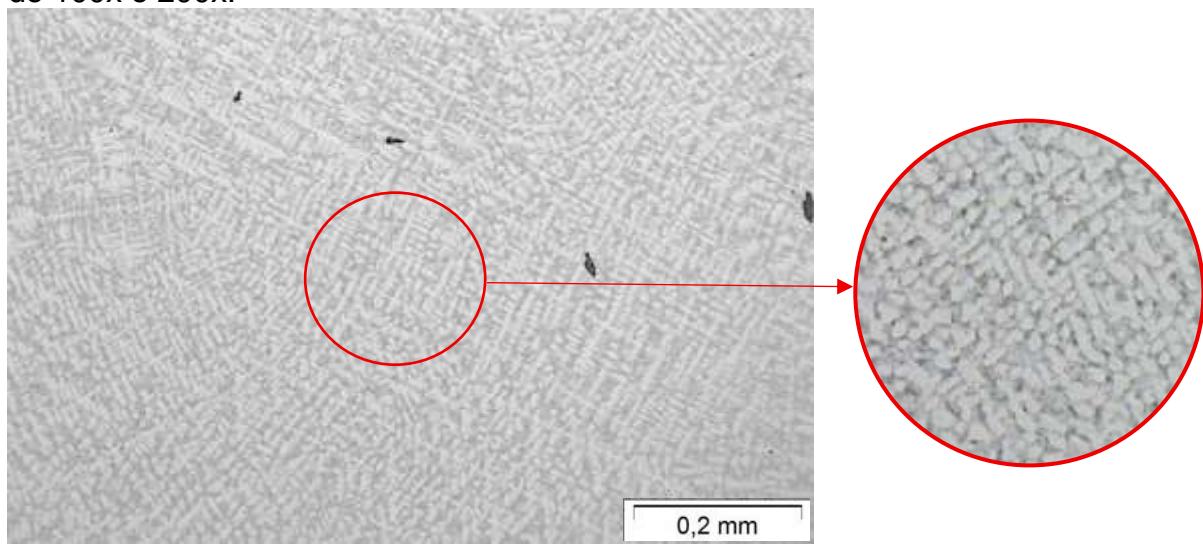


Fonte: Dos autores (2025)

3.1.2 Eletrodo UTP LEDURIT 61

A Figura 8 mostra a região da junta soldada para o eletrodo UTP LEDURIT 61 com ampliação de 100x e 200x (ampliação à direita).

Figura 8: Metalografia da junta soldada com eletrodo UTP LEDURIT 61. Ampliação de 100x e 200x.



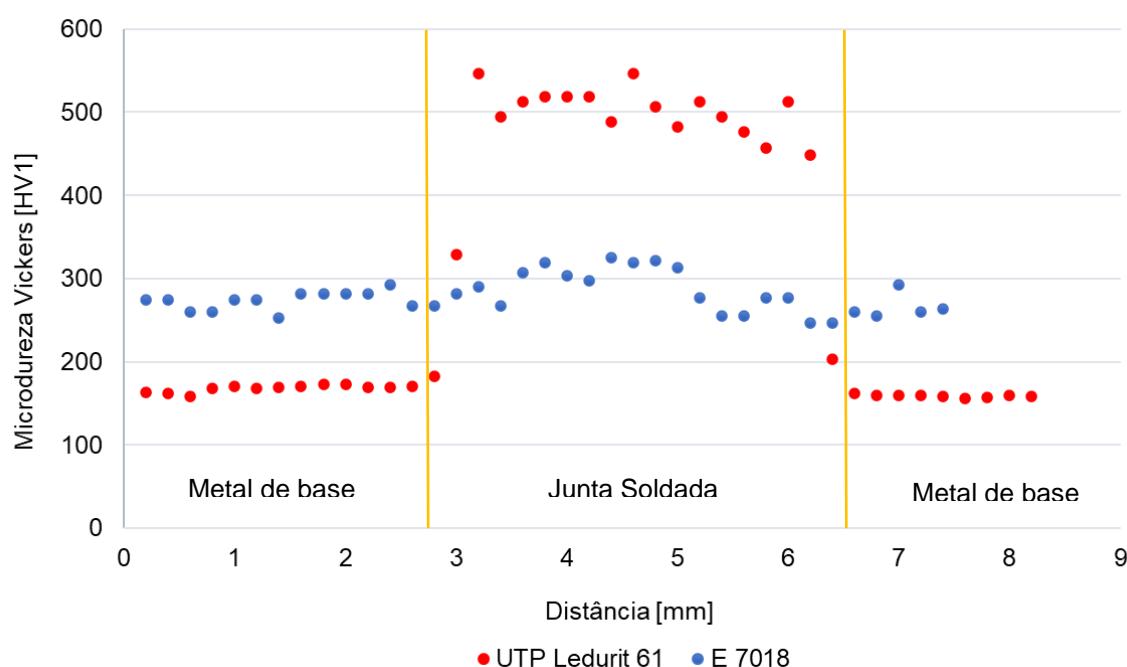
Fonte: Do autor.

A junta soldada apresentou estrutura dendrítica com formação de carbonetos (fases claras) em matriz martensítica/perlítica, típico de um material com alto teor de carbono e cromo após resfriamento rápido.

3.2 ENSAIO DE MICRODUREZA E7018 E UTP LEDURIT 61

O ensaio de microdureza Vickers dos corpos de prova soldados com os dois materiais em estudo é apresentado na Figura 9.

Figura 9: Microdureza Vickers dos corpos de prova soldados com eletrodo E7018 e LEDURIT 61.



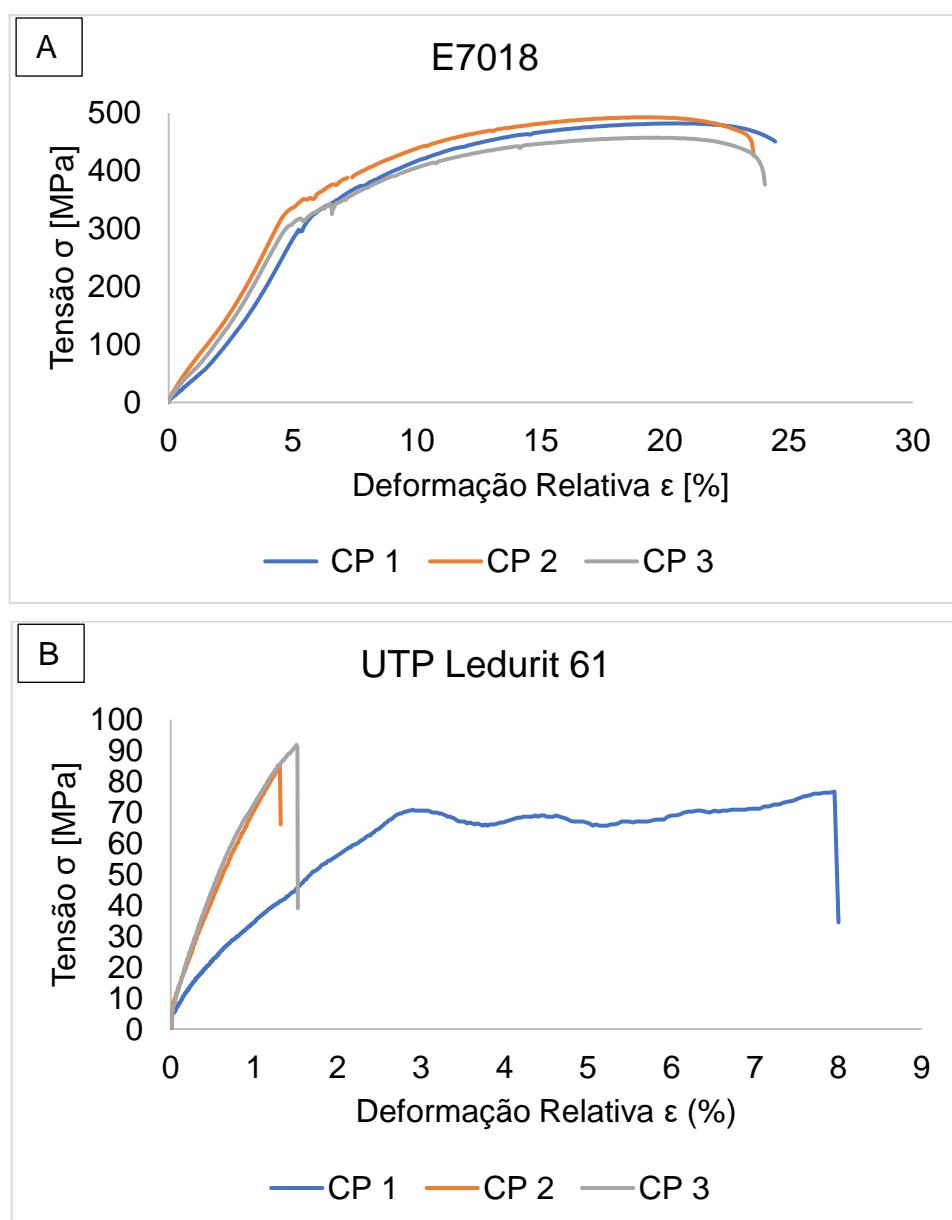
Fonte: Dos autores (2025)

A microdureza das juntas soldadas apresentou comportamento esperado. Para o material de adição E7018 a dureza permaneceu muito próxima a do metal de base que possui composição química similar. O material de adição UTP LEDURIT 61 apresentou alta dureza na junta soldada, conforme esperado para um material com sua composição, resultado que corrobora com a microestrutura revelada na metalografia.

3.3 ENSAIO DE TRAÇÃO E7018 E UTP LEDURIT 61

As curvas apresentadas na Figura 10, obtidas a partir dos ensaios de tração, representam o comportamento dos corpos de prova soldados sob cada condição de eletrodo, permitindo a análise comparativa da resistência mecânica e da ductilidade das respectivas juntas soldadas.

Figura 10: Ensaio de Tração dos corpos de prova soldados com eletrodo (a) E7018 e (b) LEDURIT 61.



Fonte: Dos autores (2025).

As curvas da junta soldada com eletrodo E7018 mostram um comportamento mecânico característico de um aço carbono, com limite de escoamento bem definido e comportamento dúctil. Os três corpos de prova obtiveram resultados muito próximos demonstrando que a soldagem da junta ocorreu de forma padrão e homogênea. Além disso, a fratura ocorreu fora da junta soldada, o que representa uma boa qualidade de solda.

As curvas da junta soldada com eletrodo UTP LEDURIT 61 por sua vez apresentaram grande variação entre os corpos de prova. Em todos os corpos de prova a fratura ocorreu na junta soldada, sendo que no primeiro corpo de prova houve um pequeno escoamento enquanto nos demais houve comportamento frágil, sem escoamento. Além disso, a resistência máxima a tração ficou muito abaixo do eletrodo E7018, revelando que o Ledurit não é próprio para uso em tração. O comportamento frágil é esperado devido a microestrutura rica em carbonetos revelada no ensaio de metalografia, a qual não favorece os mecanismos de escoamento.

4 CONCLUSÃO

A análise conjunta da microestrutura e do comportamento mecânico das juntas soldadas com os eletrodos AWS E7018 e UTP LEDURIT 61 possibilitou identificar diferenças marcantes nas propriedades obtidas em cada condição.

Do ponto de vista metalográfico os resultados condizem com a composição de cada material, onde houve formação ferrítica/perlítica na junta soldada com eletrodo E7018 e formação de microestrutura dendrítica rica em carbonetos com eletrodo UTP LEDURIT 61.

O ensaio de microdureza condiz com as microestruturas observadas na metalografias. Para o eletrodo E7018 houve uma continuidade de dureza entre metal de base e junta soldada devido a similaridade de composição entre os materiais. Ainda, mostrou que o processo de soldagem foi bem realizado, comprovado por esta continuidade de dureza. Para o eletrodo UTP LEDURIT 61, a junta soldada apresentou alta dureza, o que era esperado pela presença de carbonetos na microestrutura.

Os ensaios de tração corroboraram a interpretação microestrutural e de microdureza. As amostras soldadas com o eletrodo AWS E7018 exibiram comportamento mecânico típico de aços carbono de média resistência e boa



ductilidade, caracterizado por limites de escoamento definidos, significativo alongamento antes da ruptura e presença de encruamento. Tais características indicam juntas soldadas aptas a aplicações estruturais sujeitas a esforços mecânicos variáveis.

Em contraste, os corpos de prova produzidos com o LEDURIT 61 apresentaram comportamento mecânico frágil, com tensão máxima substancialmente menor e ruptura abrupta após pequena deformação plástica. A ausência de regime de encruamento e o baixo limite de resistência revelam menor capacidade de absorção de energia antes da fratura, condição que restringe sua utilização em aplicações sujeitas a solicitações dinâmicas ou impacto.

Dessa forma, conclui-se que:

- O eletrodo E7018 proporcionou juntas soldadas com microestrutura equilibrada e propriedades mecânicas satisfatórias, combinando resistência e ductilidade adequadas;
- O eletrodo LEDURIT 61 gerou juntas com comportamento predominantemente frágil e menor resistência mecânica, sendo recomendado apenas para situações em que tais características sejam aceitáveis ou desejáveis, por exemplo, aplicações de desgaste específico, desde que a carga mecânica não seja predominante;

Por fim, recomenda-se que futuras investigações incluam análises complementares, como ensaios de dureza e impacto, bem como avaliação da tenacidade da ZTA, a fim de aprofundar a compreensão do comportamento global das juntas soldadas produzidas com diferentes consumíveis.

5 REFERÊNCIAS

[1] TALABI, S.I.; OWOLABI, O.B.; ADEBISI, J.A.; YAHAYA, T. **Effect of welding variables on mechanical properties of low carbon steel welded joint.** Advances in Production Engineering & Management. V. 9, N. 4, p 181–186, Dezembro 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14743/apem2014.4.186>.

[2] CAMPOS, JOÃO PAULO MENEGUELLI. **Estudo dos efeitos dos parâmetros de soldagem nas características metalúrgicas e propriedades mecânicas de juntas de aço carbono soldadas por arco elétrico.** IFES- Instituto Federal do Espírito Santo, 2015,Dissertação de mestrado. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/xmlui/handle/123456789/337>.



- [3] CALLISTER, W. D. *Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- [4] PAULO J. MODENESI PAULO V. MARQUES DAGOBERTO B. SANTOS. **Introdução à Metalurgia da Soldagem.** Universidade Federal de Minas Gerais Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Janeiro de 2012.
- [5] AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS A5.1: *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*. Miami: AWS, 2010.
- [6] AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS B2.1/B2.1M:2021 – Specification for Welding Procedure and Performance Qualification. 2nd ed. Miami: AWS, 2021.
- [7] ABDULAZIZ ELSHARIF, MAGDI AHMED, NAJI ABDELWANIS. **Investigating The Effect of SMAW Parameters on The Hardness of Commercial Carbon Steel.** International Journal of Engineering Research & Technology. V. 12, ed. 01, Janeiro de 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/367332757_Investigating_The_Effect_of_SMAW_Parameters_on_The_Hardness_of_Commercial_Carbon_Steel
- [8] ABDUL SAMEEA JASIM JILABI. **Comparative Analysis of Electrode Type on Microstructure and Mechanical Properties in AISI 5155 Low Alloy Steel Welds.** IIETA, Annales de Chimie - Science des Matériaux, Vol. 48, n. 2, 187-195, abril de 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.18280/acsm.480205>
- [9] S. FARRUKH HAIDER, M. M. QUAZI, JAHANZEB BHATTI, M NASIR BASHIR, IMRAN ALI. **Effect of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) parameters on mechanical properties of low-carbon, mild and stainless-steel welded joints: A review.** Journal of Advances in Technology and Engineering Research. Outubro de 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.20474/jater-5.5.1>
- [10] FERREIRA, I. C. **Metalurgia da Soldagem.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.
- [11] THYSSENKRUPP. **Catálogo de Produtos UTP - Consumíveis para Soldagem.** UTP Maintenance. Düsseldorf, 2015.
- [12] VOESTALPINE BOHLER WELDING. **Alusolda.** Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos. n. 1, p 1-8 março 2018. Acessado em 31 de agosto 2025. Disponível em: <https://alusolda.com.br/wp-content/uploads/2023/10/FISPQ-Eletrodo-Revestido-LEDURIT-61-UTP.pdf>
- [13] AWS D1.1/D1.1M:2020. **An American National Standard. Structural Welding Code-Steel.** American National Standards Institute. 24th Edition 2019
- [14] SOUZA, S. R. de. **Ensaios mecânicos de materiais metálicos.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2019.
- [15] INTERNATIONAL STANDARD. **Metallic materials - Vickers hardness test.** Itel Standard Preview. 2018. Acessado em 31 de agosto 2025. Disponível em:



<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/64065/60ffe2e4722141288e788c712a119550/ISO-6507-1-2018.pdf>

[16] ASTM INTERNATIONAL. ASTM E8/E8M-15a – **Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.** West Conshohocken: ASTM International, 2015. Disponível em:
https://compass.astm.org/document/?contentCode=ASTM%7CE0008_E0008M-15A%7Cen-US&proxycl=https%3A%2F%2Fsecure.astm.org&fromLogin=true. Acessado em: 26 de junho de 2025.