

Tratamento Térmico por Indução Eletromagnética em Juntas Soldadas com o Processo de Arco Submerso.

Bianca Vieira Stragliotto; Ivan Guerra Machado

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com as exigências cada vez maiores das indústrias petroleiras, fazendo perfurações cada vez mais profundas, exigiu-se que a tecnologia para fabricação de tubos aumentasse ao longo dos anos, assim como seus beneficiamentos. Os tubos termicamente tratados atendem à grande demanda do mercado para exploração e produção de petróleo e gás. Nesses segmentos industriais, destacam-se os processos de endurecimento superficial, dos quais emergem os tratamentos térmicos, visando modificar as principais propriedades físicas e mecânicas dos materiais metálicos. O tratamento térmico por indução eletromagnética é sem dúvida um dos mais efetivos processos de tratamento térmico para diversas aplicações.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento microestrutural do aço API 5L X65, soldado com o processo de arco submerso e realizado tratamento térmico de normalização por indução eletromagnética, com diferentes energias de soldagem e velocidades de tratamento térmico, almejando definir as velocidades e energias de soldagem que viabilizariam ao aço, o aumento da resistência mecânica e tenacidade da peça soldada.

As amostras tiveram suas propriedades analisadas e comparadas, utilizando análises metalográficas e microdureza, para a caracterização da zona afetada pelo calor (ZAC) e zona fundida (ZF) do aço API-5L X65.

2. METODOLOGIA

O aço usado para o estudo é o API 5L X65 que pertencem à classe de aço ARBL, são aços que atendem na fabricação de óleo dutos e gasodutos, devido sua alta resistência e baixa liga, no qual também apresenta boa conformidade e boa soldabilidade. O procedimento experimental foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consiste em soldar os corpos de prova com o processo de arco submerso, no qual foi usada a máquina ARCO SUBMERSO WHITE MARTINS V 800.

Cada corpo de prova é formado por duas chapas retangulares de aço API 5L X65, com dimensões 200x150x150 mm e espessura de 6,65 mm. O arco submerso consiste em um arame (eletrodo) nu, continuamente alimentado, o qual produz o arco elétrico com a peça, formando assim a poça de fusão, sendo recobertos por uma camada de fluxo granular fusível, que protege o metal da contaminação atmosférica. Os consumíveis usados foram o fluxo Carbox neutro ME e o arame EL12 com diâmetro 2,38 mm. No processo de soldagem foi utilizado três diferentes energias, distribuídas em energia baixa, energia intermediária e energia alta, correspondente aos valores 599,44 J/mm, 734,81 J/mm e 831,42 J/mm, para tal variação de energia foram alterados os parâmetros velocidade e corrente, conforme mostra a tabela 1.

A segunda etapa abrange o tratamento térmico de normalização. O tratamento térmico consiste em aquecimento a uma temperatura um pouco acima da austenitação, e resfriamento em ar, com o intuito de refinar o grão, aumentando sua resistência mecânica. Realizados por meio de uma máquina de indução INDUCTOHEAT modelo LEPEL PN 13190388. A potência do equipamento foi fixada em 70%, o que equivale a 10,5 KW. Cada energia de soldagem deu origem a quatro corpos de prova, dos quais três passaram por tratamento térmico, a velocidade de tratamento térmico de três corpos de prova foram variadas, em 35 cm/min, 42,5 cm/min e 55 cm/min. Essa variação influencia no período que a peça estará sob tratamento.

Energia J/mm	Parâmetros	
	Velocidade de soldagem (mm/s)	Corrente (A)
599,44	10,86	310
734,81	10,86	380
831,42	7,83	310

Os corpos de prova passaram por preparação metalográfica convencional seguido de polimento abrasivo com alumina 0,5 micron e ataque com reagente nital 2%. Para o levantamento de parâmetros de soldagem e tratamento térmico, foram feitos ensaios, no qual tomou-se como base o mesmo corpo de prova usado nos experimentos.

Tabela 1: Parâmetros de soldagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma junta soldada, a região mais crítica em termos de comportamento mecânico é a ZAC. Esta região é muito heterogênea e suas propriedades variam ao longo de sua extensão, a ZAC pode ser dividida em até quatro regiões.

- (1) Região revenida;
- (2) Região parcialmente transformada;
- (3) Região de refino de grão;
- (4) Região de crescimento de grão.

Tais regiões estão representadas nas figuras 1, 2 e 3, referentes as macrografias das amostras que não passaram por tratamento térmico. Nota-se nas figuras 1, 2 e 3 o comportamento da ZF, que apresenta grãos grosseiros.

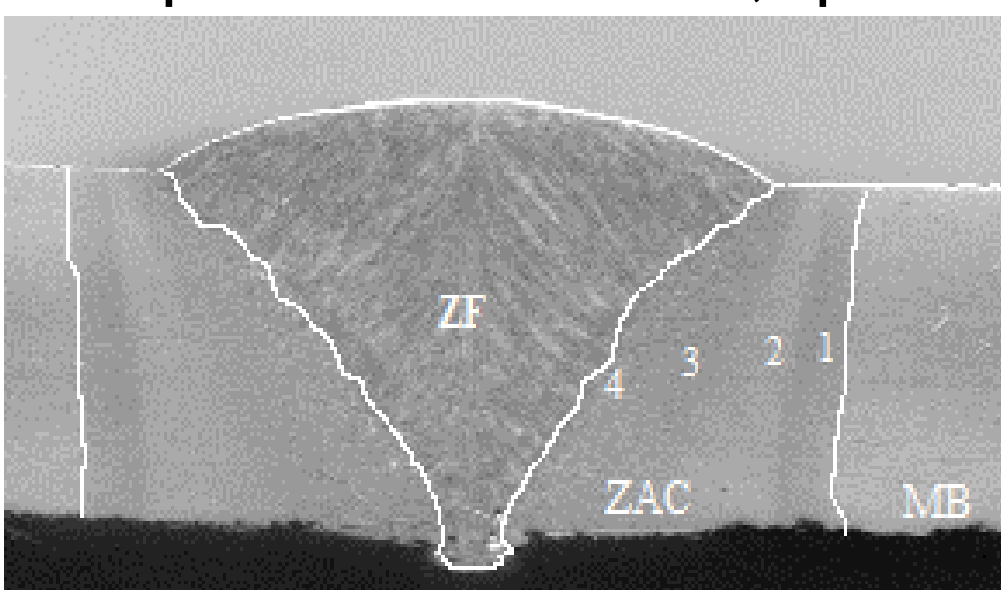


Figura 1: Macrografia para a energia de 599,44 J/mm.

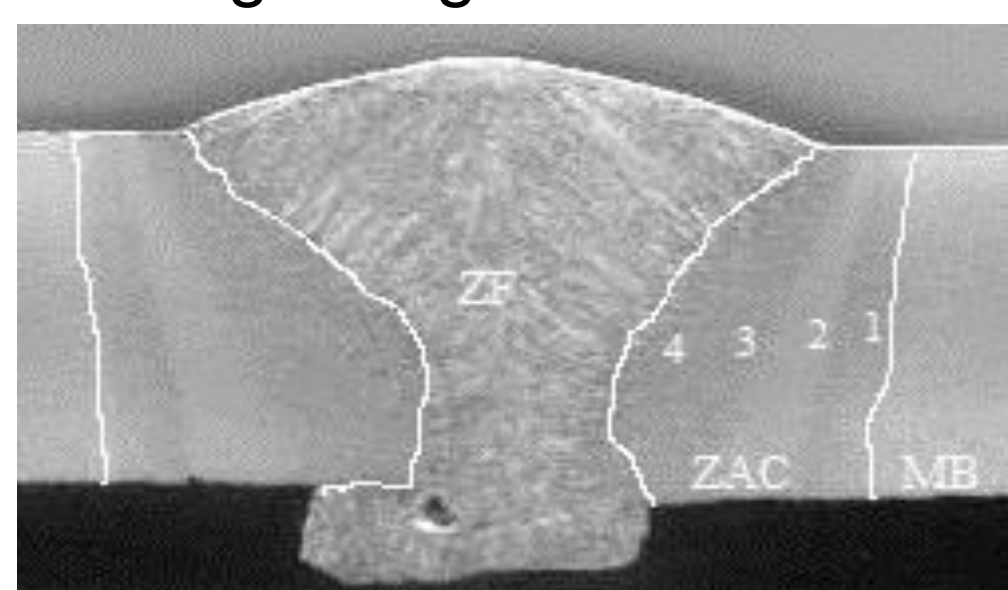


Figura 2: Macrografia para a energia de 734,81 J/mm.

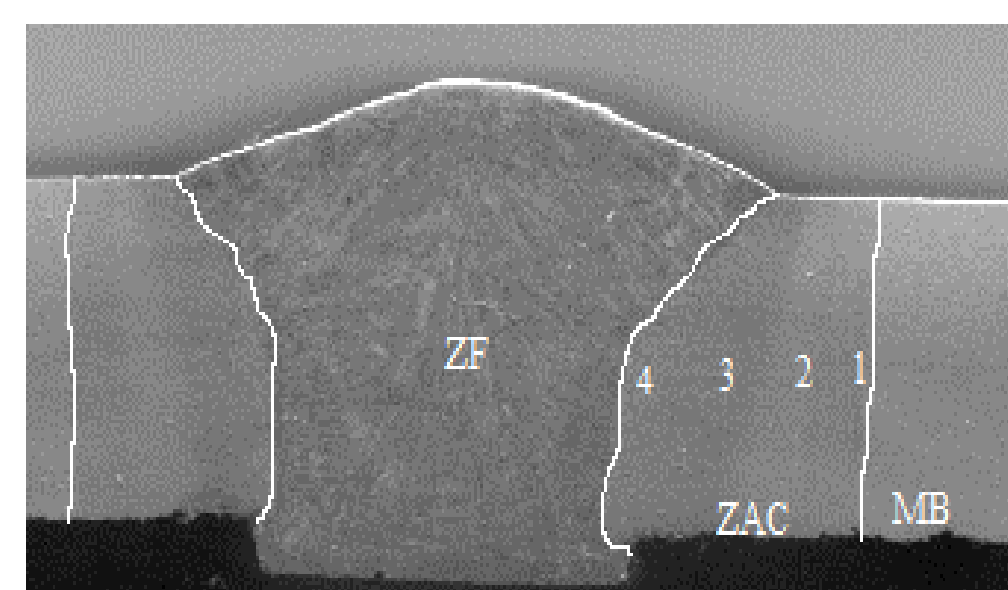


Figura 3: Macrografia para a energia de 831,42 J/mm.

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos para a variação da área da ZAC, de acordo com a energia e velocidade de tratamento térmico. As amostras que foram soldadas com energia igual a 831,42 J/mm, apresentaram maior variação da área da ZAC, comparando a amostra em branco com as amostras que passaram por tratamento térmico.

Energia=599,44 J/mm	
Velocidade de normalização(cm/min)	Área da ZAC (mm ²)
Branco	51,46
35	51,02
42,5	50,04
55	50,76

Tabela 2: Medida das áreas da ZAC para a energia de 599,44 J/mm.

Energia=734,81 J/mm	
Velocidade de normalização(cm/min)	Área da ZAC (mm ²)
Branco	46,44
35	47,35
42,5	46,97
55	48,20

Tabela 3: Medida das áreas da ZAC para a energia de 734,81 J/mm.

As amostras soldadas com energia igual a 599,44 J/mm e 734,81 J/mm também apresentam variações, mas não são tão significativas. Todavia, todas as peças que passaram por tratamento térmico de normalização apresentaram alterações microestruturais como o refino de grãos e refino de estruturas brutas de fusão.

Energia=831,42 J/mm	
Velocidade de normalização(cm/min)	Área da ZAC (mm ²)
Branco	48,48
35	55,46
42,5	61,78
55	65,57

Tabela 4: Medida das áreas da ZAC para a energia de 831,42 J/mm.

Os resultados dos perfis de microdureza Vickers (HVZ) foram obtidos a partir de medições realizadas fixando um ponto no metal base como origem, usando a carga de 0,5 kgf. As figuras 4, 5 e 6 apresentam os perfis de microdureza nas regiões da ZAC, para as três energias de soldagem, comparando as velocidades de tratamento térmico.

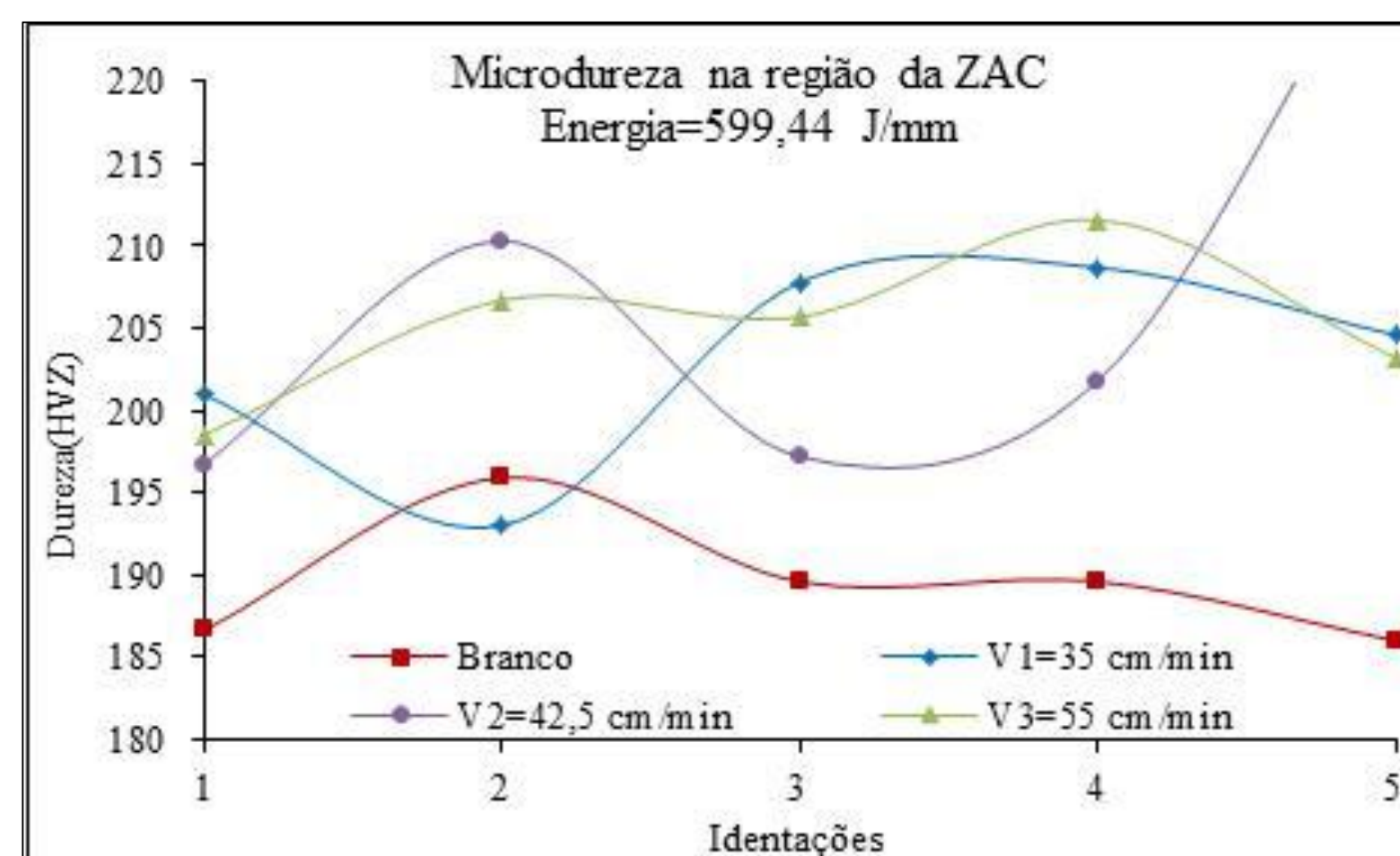


Figura 4: Microdureza da ZAC para a energia de 599,44 J/mm.

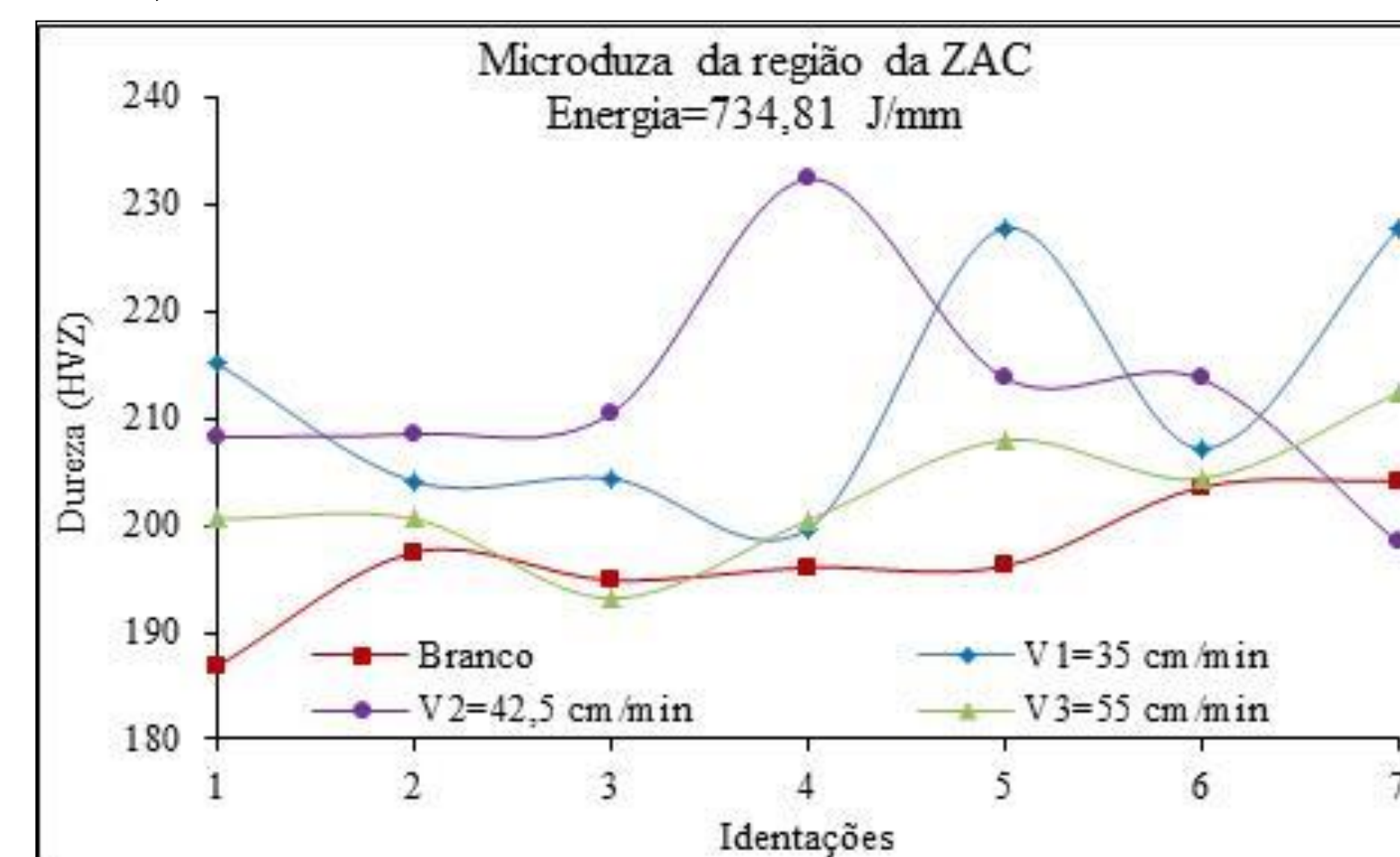


Figura 5: Microdureza da ZAC para a energia de 734,81 J/mm.

Todas as amostras que passaram por tratamento térmico, mostraram aumento significativo da dureza na região da ZAC. Ressaltando que as velocidades maiores como 42,5 cm/min e 55 cm/min, foram as que causaram a maior variação na dureza em relação à amostra em branco.

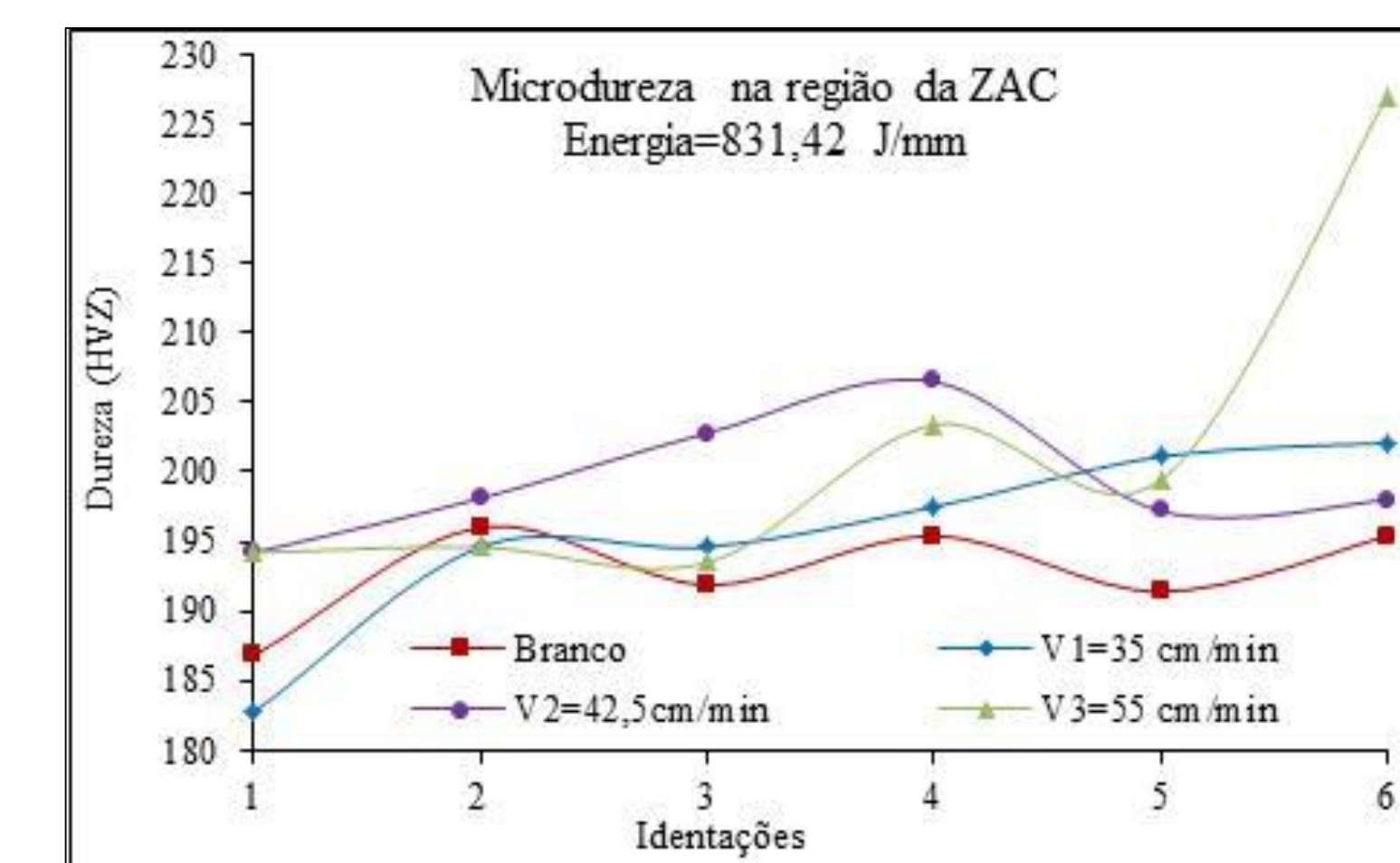


Figura 6: Microdureza da ZAC para a energia de 831,42 J/mm.

4. CONCLUSÕES

A partir dos ensaios realizados e análises que foram apresentadas ao longo deste trabalho, pôde-se concluir que:

- As microestruturas de todas as energias e velocidades usadas, mostraram o refinamento de grão tanto na ZAC quanto na ZF;
- Velocidades maiores de tratamento térmico, na maioria das vezes, imputou em maior dureza na região da ZAC em todas as energias de soldagem;
- A velocidade que se mostrou mais eficaz foi a intermediária igual a 42,5 cm/min;
- As amostras soldadas com energia igual a 734,81 J/mm apresentaram os maiores resultados de dureza na ZAC;
- A energia igual 734,81 J/mm foi a mais adequada para o processo de soldagem, por responder melhor ao tratamento térmico, com a velocidade de 42,5 cm/min, no qual proporcionou uma maior resistência mecânica e tenacidade da peça soldada.

5. REFERÊNCIAS

- Machado, Ivan Guerra - Soldagem e Técnicas Conexas: Processos. Porto Alegre, editado pelo autor, 1996.
- Rocha, Isabel Do Monte - Caracterização Microestrutural do aço API 5L X5 Soldado por Feixe de Elétrons com Diferentes Aportes Térmicos, Lorena- 2013.
- Marques, Paulo Villani - Soldagem Fundamentos e Tecnologia. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2011.