



XXX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica
19 a 23 de agosto de 2024, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

DETECÇÃO DE ADULTERAÇÃO DO NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO VEICULAR ATRAVÉS DA ZONA DE ENCRUAMENTO

Bruno da Silva de Paiva, bruno0paiva22@gmail.com
Danilo de Castro Simões, daniloengmec@gmail.com
Marília Garcia Diniz, mgarciadiniz@gmail.com
Douglas Santos Rodrigues Ferreira, douglas.ferreira@ifrj.edu.br
Renato Pereira de Freitas, renato.freitas@ifrj.edu.br
André Rocha Pimenta, andre.pimenta@ifrj.edu.br

¹ Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional – LISCOMP, Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ, Rua Sebastião Lacerda, s/nº, centro, Paracambi – RJ, Brasil,

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPG- EM, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UFRJ, Rua Fonseca Teles, 121, São Cristóvão, Rio de Janeiro – RJ, Brasil,

Resumo. Buscando aumentar o sucesso dos agentes de segurança pública nas perícias realizadas em veículos furtados que apresentam o número de identificação adulterado, foi analisado a extensão da zona deformada plasticamente causada pela marcação do caractere em corpos de prova marcados com 2,3 e 5 toneladas de força. Foi utilizado a técnica de microscopia ótica e retífica plana para determinar a profundidade da marcação. Em seguida foi utilizado o ensaio de microdureza Vickers e microscopia ótica para a medição da zona de encruamento tendo em vista que tal zona é diretamente afetada no momento da remoção no ato do crime. Os resultados apontam que existe uma relação ao aumentar a força de marcação com o aumento da profundidade da zona de encruamento, além de ambas as técnicas se mostrarem eficientes para a medição de tais regiões. A profundidade de 0,200 mm recomendada pela norma ABNT foi atingida quando se utilizou uma força de 2 toneladas, o que gerou uma camada de encruamento de aproximadamente 0,7mm. Os resultados demonstraram que caso a profundidade de marcação fosse ampliada para 0,7mm, uma zona encruada de 1,2mm seria gerada, dificultando muito a sua remoção, torna-se necessário a intensificação dos estudos na área visando a melhoria e comprovação dos resultados e consequentemente o aumento do sucesso em perícias.

Palavras chave: Adulteração. Estampagem. Encruamento. Perícia. Veículos.

Abstract. Seeking to increase the success of public security agents in examinations carried out on stolen vehicles that have a tampered identification number, the extent of the plastically deformed zone caused by the marking of the character on specimens marked with 2, 3 and 5 tons of force was analyzed. Optical microscopy and plane grinding techniques were used to determine the depth of the marking. Then, the Vickers microhardness test and optical microscopy were used to measure the hardening zone, considering that this zone is directly affected at the time of removal during the crime. The results indicate that there is a relationship between increasing the marking force and increasing the depth of the hardening zone, in addition to both techniques proving to be efficient for measuring such regions. The depth of 0.200 mm recommended by the ABNT standard was reached when a force of 2 tons was used, which generated a hardening layer of approximately 0.7 mm. The results demonstrated that if the marking depth was increased to 0.7mm, a hardened zone of 1.2mm would be generated, making its removal very difficult. It is necessary to intensify studies in the area with a view to improving and proving results and consequently increasing success in forensic examinations.

Keywords: Adulteration. Stamping. Hardening. Expertise. Vehicles.

1. INTRODUÇÃO

Um comparativo realizado entre o ano de 2021 a 2022 mostra um aumento de 18% no furto de veículos. No Brasil, em 2022, foram furtados 219 mil veículos. A prática de adulteração e clonagem de automóveis vem sendo investigada pela DRFA (Delegacia de Roubo e Furto de Automóveis) em conjunto com a polícia civil. Tais investigações apontam que a venda de veículos adulterados ocorre, na maioria das vezes, pela internet e por preços que chegam a 80% do valor de mercado. (O Globo, 2023)

Usualmente, veículos possuem seu número de série, ou também chamado número de identificação veicular, marcados por estampagem no chassi e no motor. A norma ABNT 6066/80 (2001) estipula que a profundidade de tal marcação deve

possuir no mínimo 0,2 mm. A adulteração do número de série do veículo consiste em remover todos os caracteres a partir de diferentes técnicas, como lixamento e raspagem, tornando o veículo não rastreável.

Nas montadoras de veículos, no momento da estampagem do número de identificação, a microestrutura do material marcado é deformada plasticamente, provocando uma região com grãos microestruturais encruados, abaixo da marcação aparente a vista desarmada (Callister, William, 2016). Tal região encruada permite aos agentes de segurança pública realizarem a perícia em determinado veículo furtado, utilizando reagentes químicos que revelam os caracteres apagados anteriormente (Gomes, 2016).

A técnica de revelação por reagentes químicos é conhecida como a mais eficaz e com melhor desempenho no ramo (Baharum et al., 2008). Visando melhorar a eficiência e desempenho de reagentes químicos no processo, variáveis como liga do material, profundidade de gravação na chapa de aço e profundidade de remoção de material durante a adulteração são analisados (Kuppuswamy, 2011). (Gomes, 2016) apresentou estudos relacionando regiões distantes e próximas ao número de série utilizando ensaios de microdureza Vickers. Com isso, o autor concluiu que a região próxima a marcação possui elevada dureza quando comparada com regiões afastadas.

Visto isso, este trabalho possui como objetivo analisar a extensão da região deformada plasticamente com diferentes profundidades de marcação dos caracteres, utilizando para essa análise diferentes técnicas de medição em tais regiões, tendo em vista a importante relação entre a região encruada com o sucesso da perícia realizada pelos agentes de segurança.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de simular o chassi de um veículo, foi utilizado uma chapa de aço SAE 1020 com 4mm de espessura, na qual foram gravados o caractere. Na fabricação dos veículos a chapa utilizada no chassi possui espessura inferior a 4mm, contudo, a utilização de uma chapa fina não permitiria a marcação com profundidades maiores como as estudadas neste projeto. A chapa foi marcada por estampagem, seguindo o mesmo processo realizado nas montadoras. O punção utilizado possui o formato do caractere 3, o qual foi utilizado em conjunto com um sistema de guia, que tem a função de posicionar o punção perpendicular a superfície a ser marcada. Esse conjunto é apresentado na figura 1. No momento da estampagem foi confeccionado corpos de prova distintos com 2, 3 e 5 toneladas de força. As marcações foram realizadas através de uma prensa hidráulica, de modo que a prensa em contato com o punção posicionado no sistema de guia permitisse a aplicação exata da força escolhida.

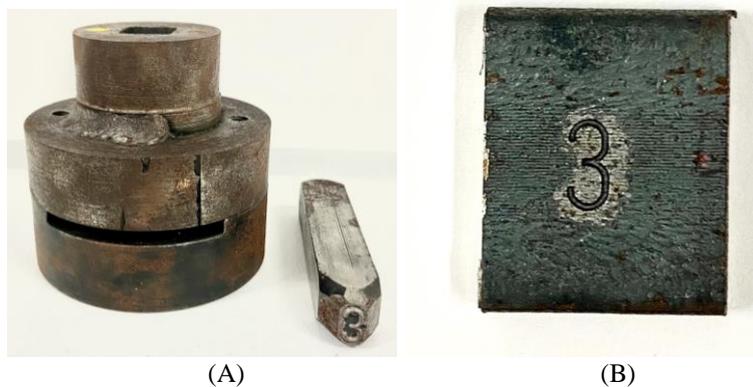


Figura 1. Marcação do caractere na chapa de aço. (A) Punção e sistema de guia utilizado para marcação. (B) Chapa marcada com caractere “3”.

Para a medição da profundidade da marcação causada pelo punção, foi utilizado a microscopia ótica (MO) e a retifica plana. Para as análises em microscopia ótica o corpo de prova foi seccionado, embutido, lixado e polido, como mostrado nas Figuras 2A e 2B. Para a medição com o processo de retificação, o corpo de prova foi cortado em quadrados mantendo a marcação ao centro, como mostrado na figura 1B.

No processo de retificação, a medição da profundidade de marcação é realizada controlando a profundidade de usinagem. Durante o processo de estampagem a marcação não fica perfeitamente paralela à superfície do material, portanto, duas medidas foram consideradas: a primeira quando a numeração começa a ser apagada, o que ocorre em uma das pontas da amostra; e a segunda quando a numeração é apagada por completo. Dessa forma, as duas medidas são apresentadas, sendo possível medir a menor e a maior profundidade que a marcação possuía do topo até desaparecer completamente.

Para a medição da profundidade da zona de encruamento causada pela marcação foi utilizado a microscopia ótica e o ensaio de microdureza Vickers. Para medição por microscopia ótica a amostra após preparação metalográfica por lixamento e polimento foi atacada quimicamente com o reagente Nital 3% por 45 segundos e o ataque neutralizado com álcool. Após o ataque químico a microestrutura dos grãos foi analisada por microscopia ótica, e a região da zona de

encruamento medida. Na medição utilizando microdureza Vickers foi realizada um perfil de indentações iniciando no fundo da parte deformada até o lado oposto do material. Para a realização das indentações foi utilizado um microdurômetro da marca Innovatest, modelo Falcon 400 com uma força de 0,9807N (equivalente a uma carga de 100 gf). O ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT ISO 6507-1 (ABNT, 2008).

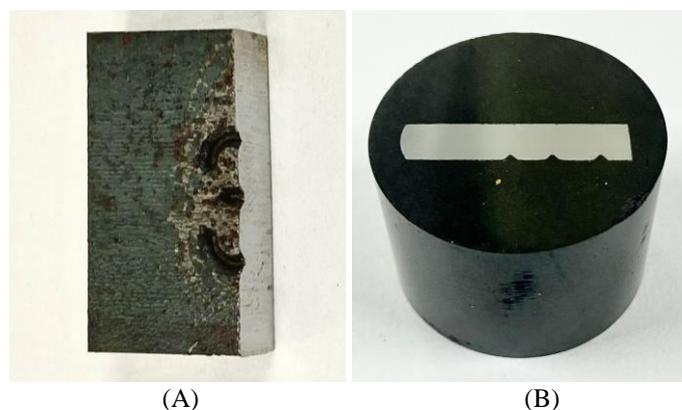


Figura 2. Preparação dos corpos de prova. (A) Chapa cortada transversalmente para embutimento. (B) Corpo de prova embutido e preparado para análise metalográfica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico da figura 3, é representado todos os resultados das amostras com 2, 3 e 5 toneladas de força na marcação. Os círculos vermelho, verde e azul apresentam os 3 pontos de marcações de profundidade do caractere, medidos por microscopia ótica. Para a carga de 2 toneladas, os valores obtidos “Medição 1” e “Medição 2” são os mesmos, dificultando sua visualização na imagem. Os losangos rosa e roxo demonstram a profundidade da zona de encruamento medidos pelo ensaio de microdureza e microscopia ótica respectivamente. Por fim, os triângulos laranja e azul representam a medição da profundidade de marcação realizada pela retífica plana. É possível observar que ao aumentar a força no momento da estampagem, a profundidade da marcação aumenta. Mesmo comportamento foi observado pelas duas técnicas utilizadas, a microscopia ótica e utilizando a retífica plana.

A medição da profundidade de marcação com microscopia ótica foi realizada em 3 pontos, pois ao seccionar a chapa com a marcação “3”, e observar a seção transversal, são identificadas três regiões de marcação, como pode ser visto na fig. 2B. Existem diferenças entre as medições, pois a força pode não ter sido aplicada perfeitamente perpendicular, apesar do sistema de guia, ou o punção podem apresentar algum desgaste. Contudo, as marcações foram próximas umas das outras. A profundidade exigida de 0,2mm é atingida ao utilizar 2 toneladas de força no momento da marcação, segundo a norma ABNT 6066/80 (2001).

A figura 4 representa as imagens realizadas por microscopia ótica para medição da profundidade de encruamento. As imagens foram realizadas utilizando uma objetiva de 20x para melhor visualização da geometria dos grãos nas amostras. Devido a ampliação da objetiva, o campo de visão não era suficiente para demonstrar toda a região deformada, sendo necessário a utilização do recurso mosaico. Tal recurso soma três imagens capturas ao longo da amostra para melhor visualização formando um grande campo de visão mantendo a ampliação fixa. A figura 5 apresenta uma demonstração do recurso mosaico sendo gerado, os quadrados vermelho, verde e azul são 3 diferentes campos capturados, o programa do microscópio une as 3 imagens capturadas formando uma única imagem. Uma linha vermelha (figura 4) foi adicionada para marcar o final da zona de deformação, que é medida observando-se a região onde os grãos estão deformados. Posteriormente, essa distância entre o final da marcação e o final da zona deformada foram medidas, revelando a profundidade da zona de encruamento. O procedimento de medição foi realizado pelo programa ImageJ. Os resultados são representados no gráfico como “encruamento MO” onde faz referência a microscopia ótica. Nota-se que com maiores profundidades de marcação, a zona de encruamento aumenta proporcionalmente.

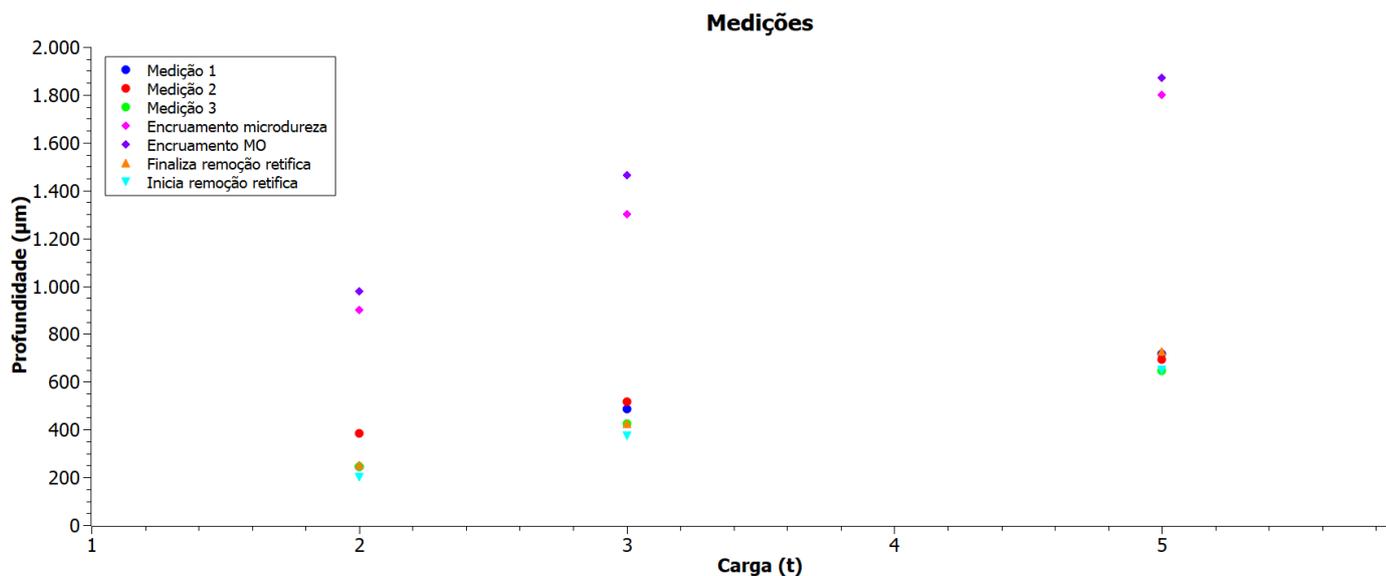


Figura 3. Gráfico com 2, 3 e 5 toneladas de força na marcação com o resultado de todas as técnicas de medição.

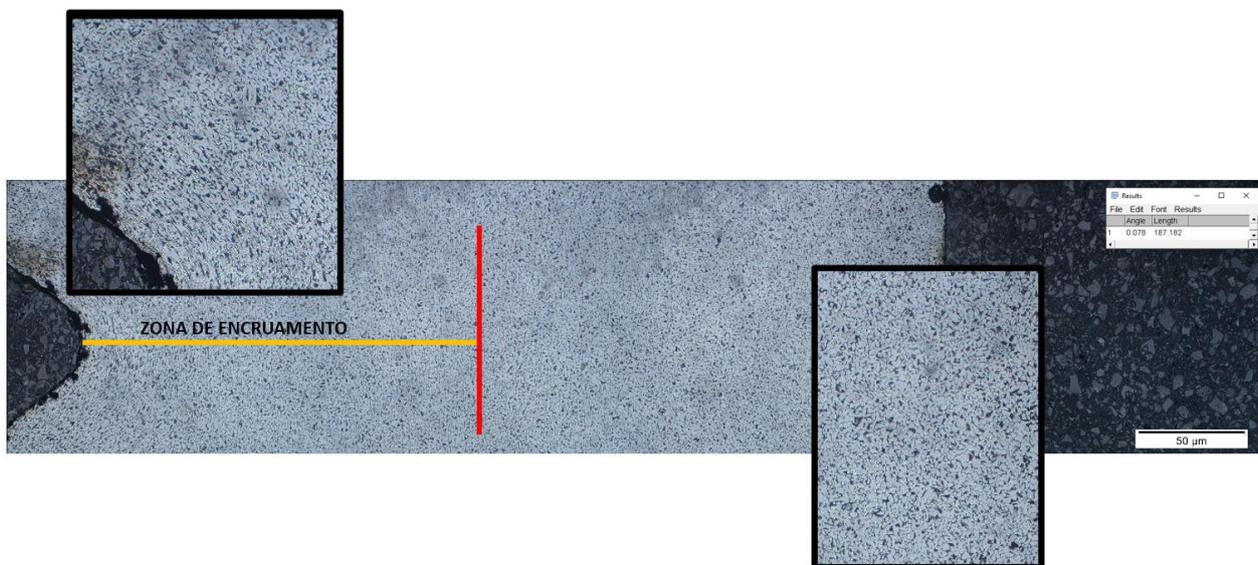


Figura 4. Medição da zona de encruamento, observada pela deformação dos grãos microestruturais causada pela marcação, com a utilização do recurso mosaico.

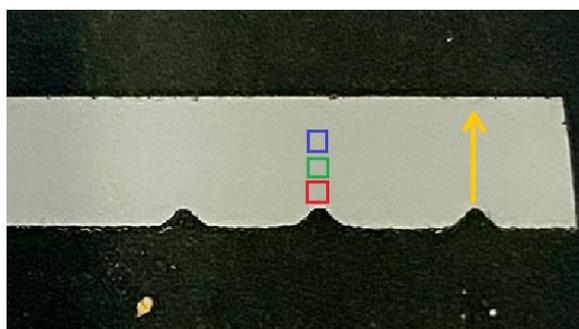


Figura 5. Quadrados vermelho, verde e azul representando as regiões capturadas pelo recurso mosaico. Seta amarela representando o perfil de ensaio de microdureza Vickers. Marcações representando os 3 pontos para medição da profundidade de marcação.

Visualizando um único corpo de prova com todas as medições, é possível observar resultados equivalentes com diferentes técnicas de medição. Os pontos vermelho, verde e azul mostram as três regiões marcadas pelo punção e medidas por microscopia ótica. Os triângulos azuis e laranja mostram as medições realizadas pela retífica plana, apresentando resultados próximos quando comparado a medição por microscopia ótica. Utilizando o ensaio de microdureza Vickers, representado no gráfico como losangos rosa, é possível observar a proximidade dos resultados quando comparado a medição da zona de encruamento por microscopia ótica, representado no gráfico por losangos roxo. Os resultados são apresentados na figura 6.

O ensaio de microdureza Vickers para medição da zona de encruamento causada pela marcação do caractere foi realizado nas amostras marcadas com 2,3 e 5 toneladas de força. Os resultados para a amostra de 5 toneladas são apresentados na figura 7, para 2 e 3 toneladas os gráficos são semelhantes. A linha preta indica os valores de microdureza encontrados no perfil medido; a região a esquerda do gráfico representa o fundo da marcação, portanto, a região de maior encruamento. As linhas verde e vermelha, representam a medida da dureza da chapa em uma região não deformada, utilizando como margem de erro o desvio padrão. É possível observar na curva preta, a indicação de um aumento de dureza próximo a marcação e um declínio da dureza ao se afastar da mesma. Utilizou-se como medida da zona de encruamento pela técnica de microdureza a posição onde pela primeira vez a linha preta toca a linha vermelha. A região onde foi realizado o perfil de microdureza é representado na figura 7 pela seta amarela.

Nas perícias realizadas pelos agentes de segurança é utilizado o reagente FRY (90g de cloreto de cobre, 120 mL ácido clorídrico 36%, 100 ml água destilada) como reagente padrão para revelar marcações adulteradas. Na figura 8 é apresentado um exemplo de seu funcionamento, visto que na figura 8A a marcação está completamente apagada e na figura 8B é revelada pelo reagente FRY.

Na figura 3 é possível observar que uma marcação com 0,2mm de profundidade apresentando uma zona encruada com aproximadamente 0,7mm de profundidade na amostra marcada com 2 toneladas de força. No instante da adulteração, a marcação aparente é removida, restando apenas 0,7mm da zona deformada plasticamente. Caso no momento da adulteração grande parte da zona encruada também for removida, os agentes de segurança pública não terão sucesso na revelação na marcação adulterada. Entretanto com a utilização de uma força de 5 toneladas, é provocada uma profundidade de marcação com aproximadamente 0,7mm e uma profundidade de zona deformada plasticamente de aproximadamente 1,9mm. Visto isso, é dificultado a remoção de uma grande parte da zona encruada e com isso aumentando as chances de sucesso dos agentes de segurança no momento da perícia.

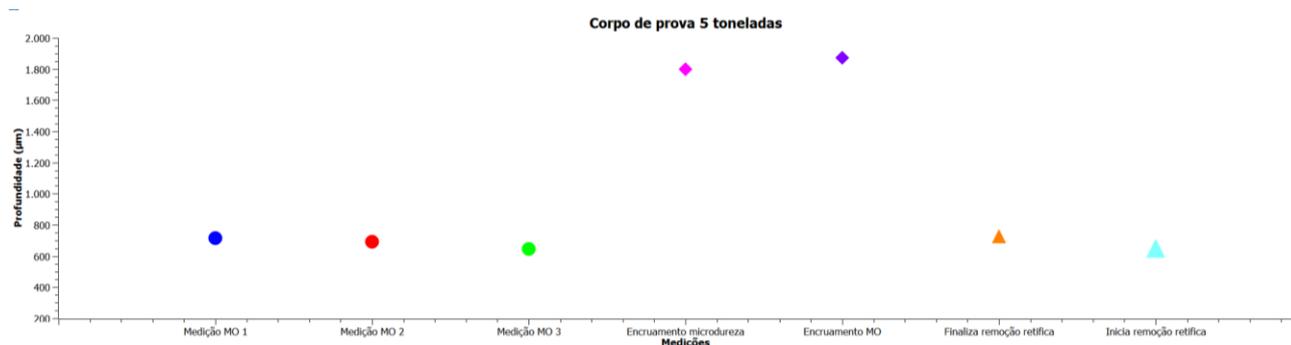


Figura 6. Gráfico apresentando todas as técnicas de medições utilizadas na amostra marcada com 5 toneladas de força.

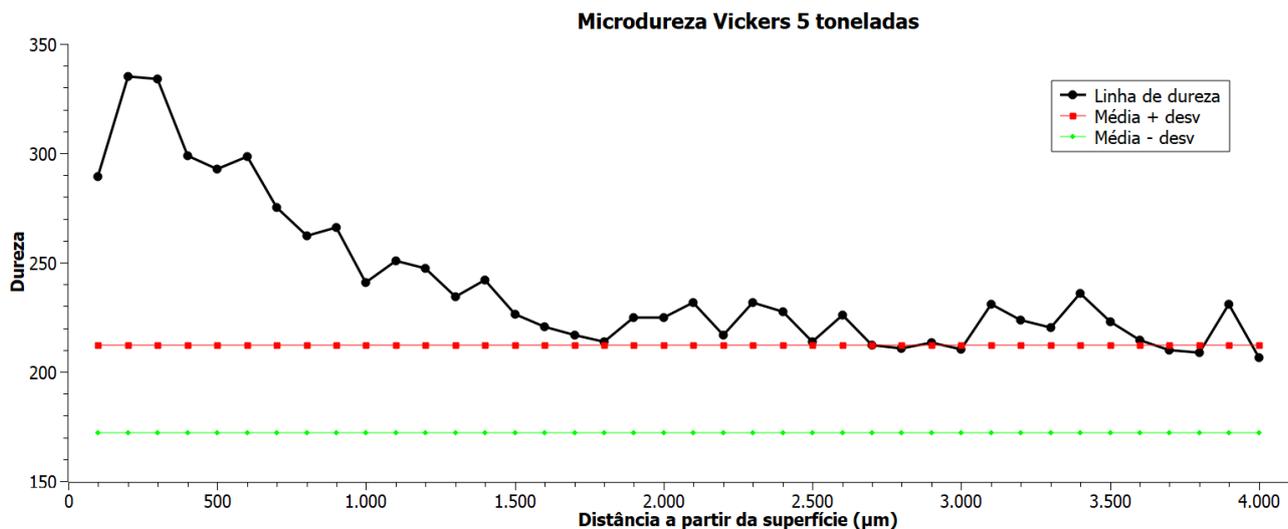


Figura 7. Gráfico do ensaio de microdureza Vickers na amostra marcada com 5 toneladas de força.

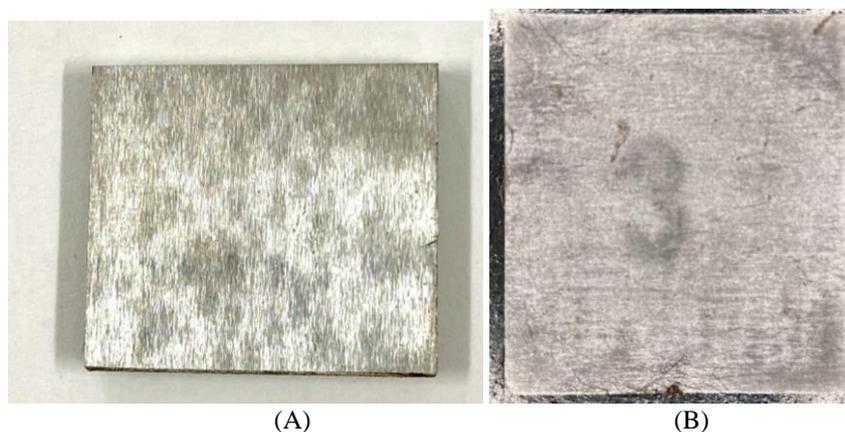


Figura 8. Amostras apresentando a utilização do reagente FRY. (A) Amostra com o caractere totalmente removido. (B) Amostra com o caractere revelado após a aplicação do reagente FRY.

4. CONCLUSÃO

Visando avaliar a profundidade da zona deformada plasticamente com diferentes forças de marcação e diferentes técnicas de medição, os resultados permitem concluir que:

- Com o aumento da força no momento da marcação do caractere, a profundidade da zona deformada plasticamente também apresenta um aumento.
- O ensaio de microdureza Vickers e a análise em microscopia ótica foram técnicas eficazes para medição da profundidade da zona de encruamento, do mesmo modo que a utilização da retífica plana e da análise em microscopia ótica foram técnicas competentes para medição da profundidade de marcação
- É sugerido reforçar os estudos neste cenário, objetivando utilizar outras técnicas de caracterização e medição para confirmação dos resultados além de intensificar pesquisas na área, buscando reagentes com melhor eficiência e com menor periculosidade, visando a utilização da metodologia em campo sem qualquer risco ao agente de segurança.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os suportes financeiros concedidos pelos projetos FAPERJ (E-26/290.036/2021) e IFRJ (Edital Prociencia 2021). E as bolsas de Iniciação Científica concedidas pela FAPERJ (E26-205.139/2022).

6. REFERÊNCIAS

- ABNT, 2001. *NBR 6066 Veículos rodoviários – número de identificação veicular (VIN)*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT, 2008. ISO 6507-1 Materiais metálicos – ensaio de dureza Vickers parte1: método de ensaio.
- Baharum, Mohd. I. Mohd., Kuppuswamy, R., & Rahman, A. Abd. (2008). Recovering obliterated engraved marks on aluminium surfaces by etching technique. *Forensic Science International*, 177(2–3), 221–227.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.01.004>
- Callister JR, William D, R., David G. (2016). *Ciência e Engenharia de Materiais—Uma introdução* (9th ed.). LTC.
- Gomes, D. de L. (2016). *Avaliação do grau de encruamento por cunhagem a frio através de microdureza Vickers* (Universidade do Estado do Rio de Janeiro).
- Kuppuswamy, R. (2011). Metallographic Etching of Aluminium and Its Alloys for Restoration of Obliterated Marks in Forensic Science Practice and Investigations. In T. Kvackaj (Ed.), *Aluminium Alloys, Theory and Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/15693>
- O Globo. (2023). *Polícia prende oito pessoas por recepção de veículos clonados que eram vendidos pela internet*.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.