

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES MEIOS RESFRIADORES COM A DUREZA RESULTANTE PARA O AÇO SAE 1045

Kaio César Fernandes¹
Engenheiro Mecânico

Edson Vicente Coelho da Silva Júnior²
Engenheiro Mecânico

Victor Barbosa de Souza³
Engenheiro Mecânico e D.r. MSc. em Engenharia Mecânica

Resumo: Para este trabalho, os corpos de provas cilíndricos de aço SAE 1045 foram submetidos ao tratamento térmico de têmpera, sendo austenitizados a uma temperatura de 850°C e imediatamente resfriados em água e óleo a fim de se comparar suas durezas encontradas por meio de ensaio. Para o acompanhamento da evolução micro-estrutural em ambas as amostras após seus respectivos resfriamentos foi realizado a metalografia.

Palavras-chave: Tratamento térmico de Têmpera; aço SAE 1045; Resfriamento água e Óleo.

Abstract: For this work, the cylindrical specimens of SAE 1045 steel were subjected to the heat treating of quenching, being austenitized at a temperature of 850 ° C, and immediately cooled in water and oil to compare their hardness found by means of a test. For monitoring the micro-structural changes in both samples after their respective cooling was carried out the metallography.

Keywords: treatment of Quenching; steel SAE 1045; cooling in water and oil.

¹ Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, kaiocfernandes@hotmail.com

² Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, edson.17vicente@hotmail.com

³ Faculdade Redentor, Graduação em Eng. Mecânica, Itaperuna –RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Para a engenharia, ligas de ferro-carbono são de extrema importância, pois antes mesmo de serem usadas em projetos, principalmente para a construção mecânica, são submetidos a tratamentos térmicos visando modificar as propriedades das ligas.

Em tratamento térmico de têmpera, o estudo da cinética da mudança fase da austenita é inevitável, pois é obrigatório a austenitização completa do material para que em seguida sejam resfriados. Os resultados obtidos através destes processos de aquecimento e resfriamento controlado estarão sujeitos a ensaios para que suas propriedades mecânicas se aproximem das requeridas.

O tempo e temperatura serão de extrema influência para as transformações de fases, visto que o diagrama de curvas TTT (tempo-transformação-temperatura), demonstram o qual deverá ser o tempo de resfriamento do aço SAE 1045 para o tratamento térmico de têmpera, que visa otimizar dureza e tenacidade. A otimização para este aço, é possível através do rearranjo dos carbonetos durante o resfriamento, dando origem a novas fases, são elas: ferrita, bainita, martensita e perlita.

Existem vários tipos de resfriamento após os tratamentos térmicos como: salmoura, óleo de têmpera, água, carvão, areia. Os meios de resfriamento possuem taxas de resfriamento diferente, portanto a escolha dos mesmos é determinante quanto a formação da microestrutura final.

O aço SAE 1045 usado por este artigo é empregado em diversos componentes industriais, tais como eixo, peças forjadas, engrenagens comuns, componentes estruturais e de máquinas, virabrequim. Classificado como aço de médio teor de carbono (0,45%C) este aço reúne boas propriedades mecânicas. Outro aspecto importante para este aço carbono comum é a baixa temperabilidade, ou seja, dificuldade em formar martensita.

O objetivo para este artigo é o aumento da dureza no aço SAE 1045 através do tratamento térmico de têmpera com resfriamento em água e óleo para que por fim possa ser comparado e qualificado entre si suas respectivas durezas.

2. METODOLOGIA

2.1. Corpo de prova

Para a realização da têmpera foi utilizado dois corpos de provas de aços SAE 1045, fornecidos pela Mecânica Dois Irmãos, foram recebidos em forma cilíndrica de ½ polegadas de diâmetro por 5 centímetro de comprimento, constituído mecanicamente segundo as normas ABNT/SAE/AISI (Associação brasileira de normas técnicas/Society of Automotive Engineers/American Iron and Steel Institute). Possui fases iniciais de ferrita pró-eutetóide e perlita.

Quadro 1 - Composição química em % (porcentagem) para o aço.

ABNT/SAE/AISI	C (carbono)	Mn (manganês)	P. máximo (fósforo)	S (enxofre)
1045	0,43 – 0,50	0,60 – 0,90	0,040	0,050



Figura 1 - Aço não temperado

2.2. Realização da têmpera

O forno utilizado para a têmpera nos aços é da marca NOVUS (figura 2) de controlador de temperatura digital podendo atingir até 1200°C.

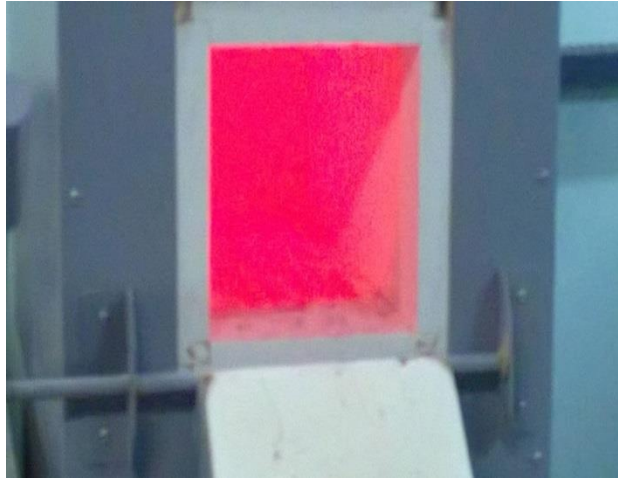


Figura 2 - Forno durante o resfriamento

O aço foi colocado no forno a uma temperatura de 850°C que é o somatório da temperatura austenitização de 775°C mais 75°C que, é obrigatório para a realização da têmpera, esta soma foi feita através da análise do diagrama Fe-C (figura 03) visto que o percentual de carbono para o aço corresponde a 0,45%. A peça foi mantida ao forno por 1 hora e 30 minutos para a transformação da peça em 100% austenita.

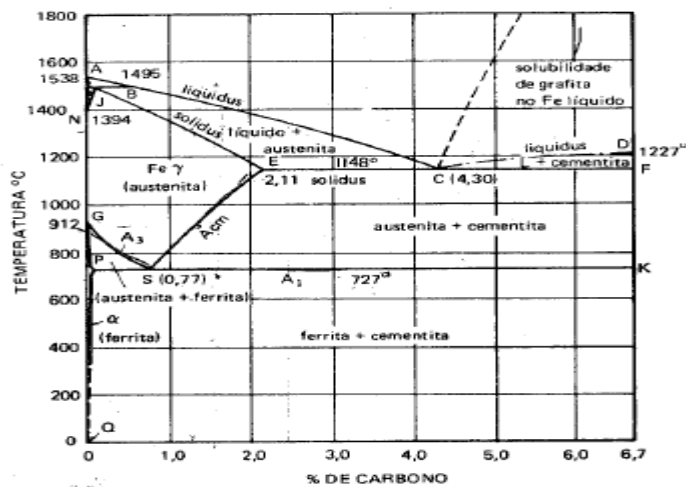


Figura 3 - Diagrama de equilíbrio Fe-C (ferro carboneto de ferro)

Fonte. Tecnologia Mecânica, Vicente Chiaverini, Volume 3, página 67

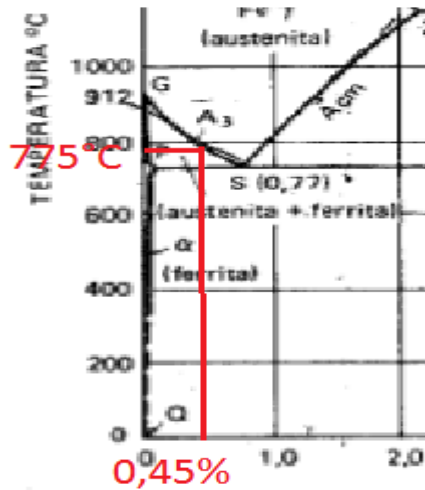


Figura 4 - Diagrama de equilíbrio Fe-C (ferro carboneto de ferro) adaptado

2.3. Resfriamento

Para o resfriamento foi utilizado a tenaz (figura 5) para retirar o aço do forno e um recipiente de alumínio para acomoda-lo junto ao fluido.



Figura 5 - Tenaz



Figura 6 - Recipiente para a água



Figura 7 - Recipiente para o óleo

Para a consulta do tempo necessário para o resfriamento em água e óleo foi utilizado o diagrama de curvas TTT para o aço SAE 1045.

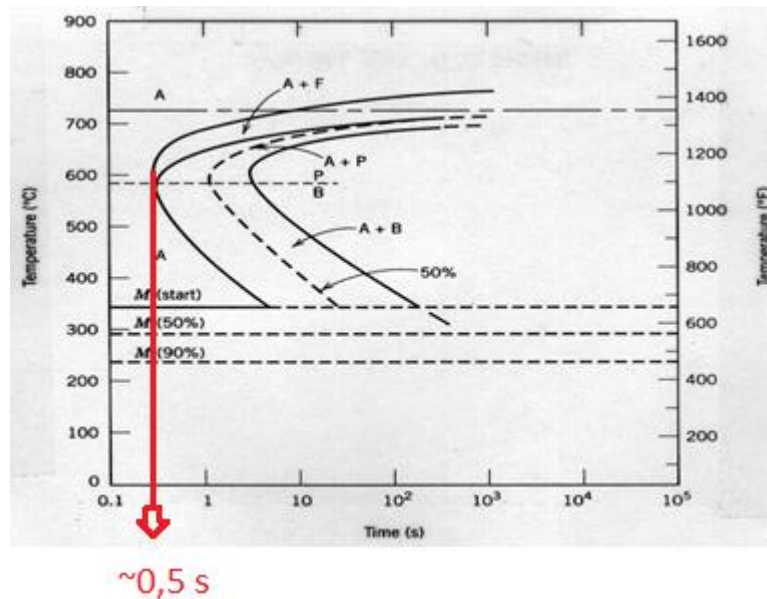


Figura 8 - Diagrama de curvas TTT adaptado para o aço SAE 1045

Fonte: Tecnologia Mecânica, Vicente Chiaverini, Volume 3

2.4. Resfriamento em água

O tempo utilizado para a retirada do aço e leva-lo para o recipiente contendo 200 mililitros de água calma a temperatura ambiente a aproximadamente 30°C foi de 3 segundos e a retirada da amostra do recipiente foi feita após 24 horas.

2.5. Resfriamento em óleo

Para o resfriamento em óleo, o tempo utilizado para levar o aço até o recipiente contendo aproximadamente 4 litros de óleo calmo a temperatura ambiente foi de 5 segundos, assim como o resfriamento em água a retirada da amostra do recipiente levou 24 horas.

2.6. Ensaio de dureza Rockwell C

A máquina de ensaio de dureza Rockwell C utilizada para o ensaio no aço é da marca DIGIMESS com carga máxima de 60-150kgf e menor que 10kgf. Sua esfera de contato possui formato cônico com diâmetro de 1/16-1/2 polegadas. Este ensaio foi realizado antes

e depois da têmpera para que se possa acompanhar a evolução do aço em dureza. A norma para este ensaio é ASTM E18-05e1.



Figura 9 - Durômetro de bancada

2.7. Metalografia

Para a realização da metalografia foi necessário a utilização de alguns equipamentos expostos nas figuras 10 e 11.



Figura 10 - Máquina de polimento PANTEC com capacidade de rotação de 300 ou 600RPM



Figura 11 – Microscópio

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados obtidos pelo ensaio de dureza

Os dados fornecidos pelo durômetro antes e depois da realização do tratamento térmico de têmpera são expostos pelo gráfico 01 e a média destes dados está presente no gráfico 02.

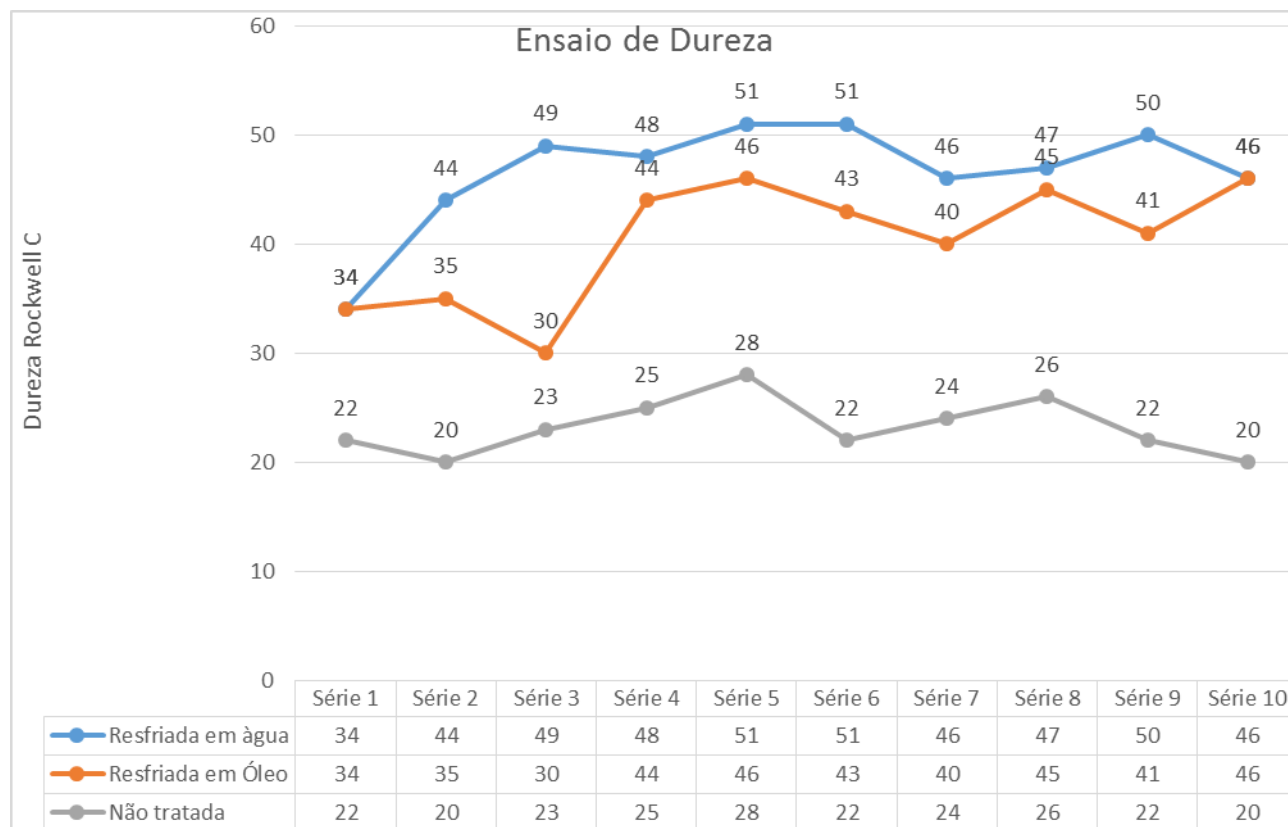


Gráfico 1 – Séries de ensaios ilustrados

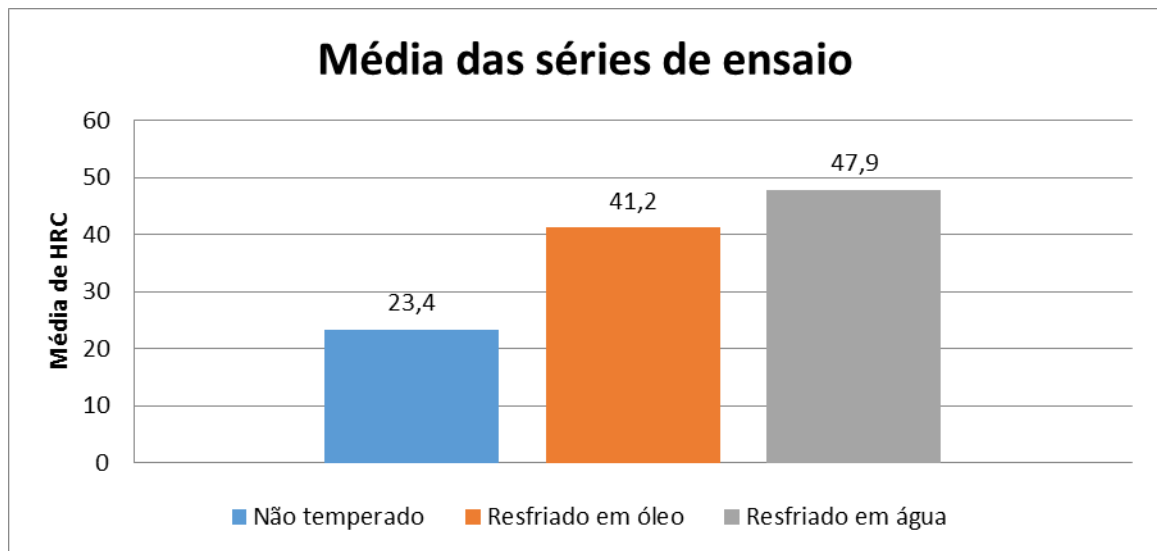


Gráfico 2 – Média para os estados não temperados e temperado resfriado em água e óleo

3.2. Dados obtidos pela metalografia

A micrografia das amostras resfriadas em água e óleo estão expostas através das imagens 12, 13, 14.



Figura 12. Micrografia da amostra resfriada em água, F= Ferrita

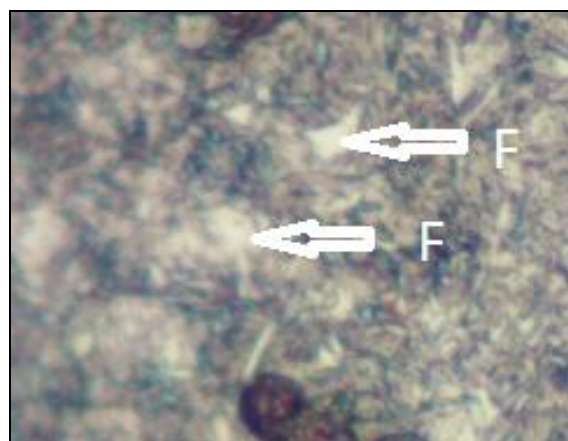


Figura 13. Micrografia da amostra resfriada em óleo, F= Ferrita

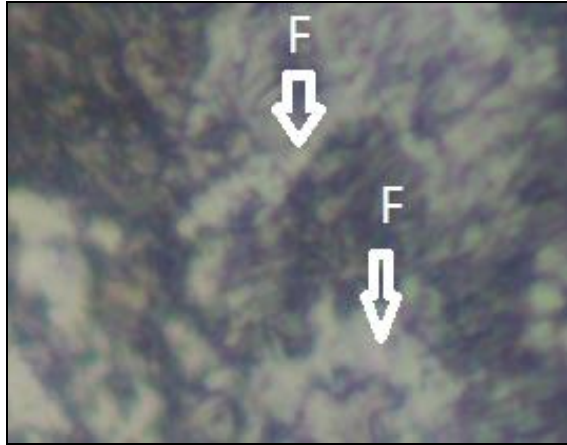


Figura 14. Micrografia da amostra não temperada, F= Ferrita

3.3. Análise dos dados obtidos

A amostra de aço SAE 1045 em seu estado não temperado, observado na micrografia da figura 14, notou-se que a quantidade de ferrita é predominante em sua matriz e que através do ensaio constatou-se dureza média de 23,4HRC.

Através da análise da figura 13 para a peça resfriada em óleo, notou-se que em relação ao aço não temperado, houve uma considerável diminuição de ferrita e também um aumento de 17,8 HRC, pois a média encontrada através dos ensaios para este tipo de resfriamento foi de 41,2 HRC.

O resfriamento em água foi o que obteve a maior média de dureza com 47,9 HRC, que representa um aumento de 24,5 HRC em relação ao estado do aço não temperado. Para esta amostra, observado sua microestrutura na figura 12, constatou uma presença menos frequente de ferrita em sua matriz se comparado a amostra resfriada em água.

Vale ressaltar que a diminuição da microestrutura ferrítica está relacionada diretamente com o rearranjo dos carbonetos formando novas fazes durante o resfriamento visto pelo diagrama de curvas TTT.

4. CONCLUSÃO

A diminuição quantitativa de ferrita na matriz das amostras de aço SAE 1045 temperadas e resfriadas em água e óleo resultou em um aumento significativo em dureza Rockwell C. Portanto o meio de resfriamento foi de total influência quanto à obtenção de dureza final.

A não formação da microestrutura martensita nas amostras resfriadas em água e óleo após o tratamento térmico de têmpera ocorreu devido ao tempo gasto para o resfriamento ter excedido à aproximadamente 0,5 segundos necessários para a formação desta microestrutura.

Para a amostra resfriada em água, imediatamente após ter sido austenitizada a 850°C, no âmbito de aumento de dureza, foi a que obteve melhores resultados, com 6,7 HRC a mais em comparação com a que foi resfriada em óleo.

REFERÊNCIAS

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. **Ciência e Engenharia dos Materiais**, 1 ed. São Paulo: CENGAGE LEARNING, 2008.

CALLISTER, W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**, 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**, 4 ed. Editora Blucher, 2008.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**, 2 ed. São Paulo: MacGraw-Hill, 1986.

<http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E18-05E1.htm>

<http://www.reinpec.org/>

Sobre os Autores

Autor 1: Aluno graduando do curso de Engenharia Mecânica da IES Universidade Redentor. E-mail: kaiocfernandes@hotmail.com

Autor 2: Aluno graduando do curso de Engenharia Mecânica da IES Universidade Redentor. E-mail: edson.17vicente@hotmail.com

Autor 5: Professor da Faculdade Redentor. Mestre em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal Fluminense. Doutorando em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal Fluminense. E-mail: prof.victorbsouza@gmail.com.