ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS NO AÇO SAE 1045

Clair José Frighetto[1], Jéssica Rubbo[2], Keitiane Rigatti[3], Márcia Zardo[4] Gerson Frighetto[5]

RESUMO

O aço é um material utilizado amplamente na fabricação de componentes de uso geral. O presente trabalho tem por objetivo estudar o comportamento das propriedades mecânicas e estruturais de amostras do aço SAE 1045 submetido aos seguintes tratamentos térmicos: recozimento, têmpera e têmpera seguida de revenimento. Para tanto, foram realizados ensaios mecânicos de dureza e tração, para que posteriormente fossem analisadas em relação à bibliografia e comparadas entre si. Bem como análise metalográfica para caracterizar os corpos de prova microestruturalmente, além de através desta, podermos avaliar e analisar os tratamentos realizados nas amostras. Quanto aos tratamentos térmicos aplicados nas amostras, apresentam deficiência na têmpera, e na têmpera seguida de revenimento, já que os dados coletados diferem dos encontrados em literatura. O aço SAE 1045 e sua utilização, é uma boa opção, já que se trata de um aço econômico e que quando tratado de forma adequada termicamente, apresenta uma resistência mecânica superior à dos aços de baixo carbono convencionais combinado a uma boa resistência ao desgaste.

Palavras-chave: Aço SAE1045, ensaios mecânicos, tratamento térmico.

[1] Universidade de Caxias do Sul – cjfrighetto@ucs.br
[2] Universidade de Caxias do Sul – jrubbo2@ucs.br
[3] Universidade de Caxias do Sul – krigatti@ucs.br
[4] Universidade de Caxias do Sul – mzardo4@ucs.br
[5] Universidade de Caxias do Sul – gfrighetto@ucs.br

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

ABSTRACT

Steel is a material widely used in the manufacture of general-purpose components. The present work aims to study the behavior of the mechanical and structural properties of samples of SAE 1045 steel submitted to the following heat treatments: annealing, tempering and tempering followed by tempering. For this purpose, mechanical tests of hardness and traction were carried out, so that they could later be analyzed in relation to the bibliography and compared with each other. As well as metallographic analysis to characterize the microstructural specimens, in addition to this, we can evaluate and analyze the treatments performed on the samples. As for the heat treatments applied to the samples, they have deficiency in tempering, and in tempering followed by tempering, since the data collected differ from those found in the literature. SAE 1045 steel and its use is a good option, since it is an economical steel and when treated in an appropriate thermal way, it presents a mechanical resistance superior to that of conventional low carbon steels combined with a good resistance to wear.

Keywords: SAE1045 steel, mechanical tests, heat treatment.

INTRODUÇÃO

O Aço SAE 1045, classificado como aço de médio teor de carbono, possui boa usinabilidade quando apresenta em sua estrutura perlita grosseira e o mínimo de ferrita, obtida através de recozimento. Além de apresentar boa usinabilidade se essa perlita for lamelar e esferoidizada. Têm aproximadamente 58,5% de perlita, em uma amostra de Aço 1045 bruta. Também é considerado um aço econômico para aplicação em construção mecânica onde há a exigência de resistência à tração e uma dureza após têmpera e revenimento no máximo de 30 HRc. (BURGER et al. 2013).

ISBN: 978-65-89908-00-5

É caracterizado como um aço de maior resistência e dureza, menor tenacidade e ductilidade do que os aços classificados como de baixo teor de carbono. Por obter boa forjabilidade e usinabilidade, terá aplicações tais como em componentes de máquinas e estruturas, rodas e equipamentos ferroviários, pelas para a indústria automobilística – virabrequim -, além de eixos, engrenagens e peças forjadas, enfim, em peças que necessitem de elevada resistência mecânica e ao desgaste e tenacidade.

METODOLOGIA

Materiais

Para realização dos ensaios foram utilizados três corpos de prova de Aço SAE 1045, com a composição química apresentada na Tabela 1. Cada um com diferente tratamento térmico, sendo eles: recozimento, têmpera, e têmpera seguida de revenimento.

Tabela 1 – Composição do Aço 1045.

Elemento	Percentual
Carbono (C)	0,43% a 0,5 %
Fósforo (P)	≤ 0,03%
Silício (Si)	≤ 0,60%
Enxofre (S)	≤ 0,05%
Manganês (Mn)	0,60% a 0,90%

Fonte: Lima et al. (2012).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Caracterização

Os corpos de prova, com diferentes tratamentos térmicos – recozimento, têmpera e têmpera seguida de revenimento, foram cortados em três partes, utilizando disco abrasivo de forma lenta e com refrigeração a fim de não causar alterações na estrutura da amostra devido ao aquecimento da mesma, sendo que cada parte do corpo de prova posteriormente passaria por um determinado ensaio mecânico.

A primeira peça foi destinada ao ensaio de tração, normatizado pela norma ABNT NBR 6892-1. Em uma máquina universal de tração modelo EMIC – DL 20.000. Com aproximadamente 124 mm de comprimento, para ser submetida a tal ensaio foi delimitado um comprimento útil na área central de 40 mm, o qual diâmetro deveria ser cinco vezes menor que o comprimento útil. Foram utilizados instrumentos como paquímetro e tinta para delimitar a área útil do ensaio.

A segunda peça foi destinada ao ensaio de dureza Rockwell, com medidas aproximadas de 20mm de comprimento e diâmetro de 14mm. Onde foi submetida a cinco medições em um Durômetro RASN RS e através dos valores coletados, recorreu-se a média aritmética dos mesmos nos resultados. Vale citar que foram utilizadas diferentes escalas, sendo elas HRB no corpo de prova recozido com identador esférico de Ø 1/16" e carga de 100 kgf e HRC nos corpos de prova temperado e temperado e revenido com indentador de diamante e carga de 150kgf. Tal ensaio seguiu a norma ABNT NBR 6508-1.

A terceira parte da amostra foi destinada ao ensaio de microestrutura, para análise metalográfica. Com aproximadamente 10 mm de comprimento e 14 mm de diâmetro. Embutiu-se a mesma com resina para que quando secas pudessem ser essas amostras, submetidas ao processo de lixamento, em lixas de diferentes grãos, a fim de eliminar riscos e marcas na superfície, provenientes do processo de corte. Sendo eles: 150, 240, 320, 400, 600, 1200. Na sequência foram polidas com pasta de diamante e alumina em

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

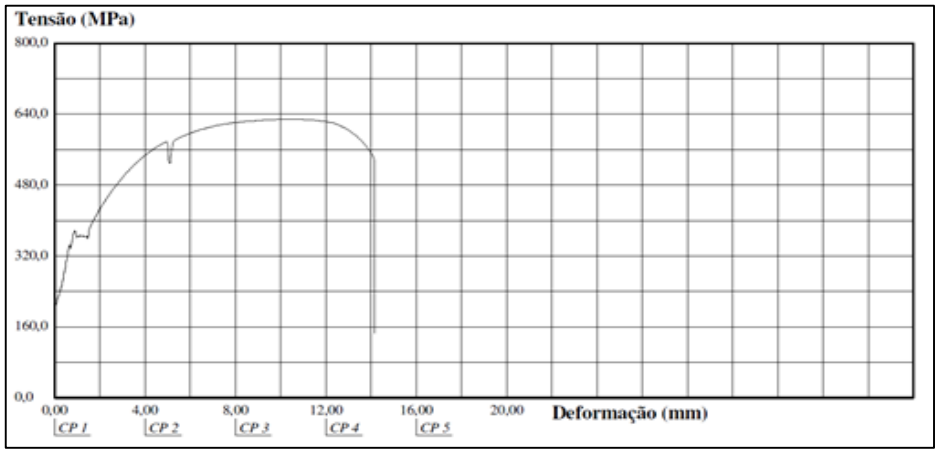
politriz MAXIPLAN. Foram nestas amostras feitas, ataque químicos com Nital (HNO3 + C2H3OH), concentração 2%, para posterior análise em microscópio óptico. A preparação destas amostras foi realizada seguindo a norma ABNT NBR 13284 e o ataque químico baseado na norma ABNT NBR 8108.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio de tração

Através deste ensaio obteve-se as curvas tensão x deformação para análise das propriedades mecânicas das três amostras. Todas as amostras romperam na área pré-determinada útil, portanto assim, todas foram validadas para análise. Ambos ensaios seguiram os padrões estabelecidos por norma, e seus resultados puderam ser analisados. Nas figuras 1 a 3 são apresentados os gráficos de tensão x deformação dos corpos de prova analisados. A tabela 2 apresenta os principais dados coletados no ensaio de tração.

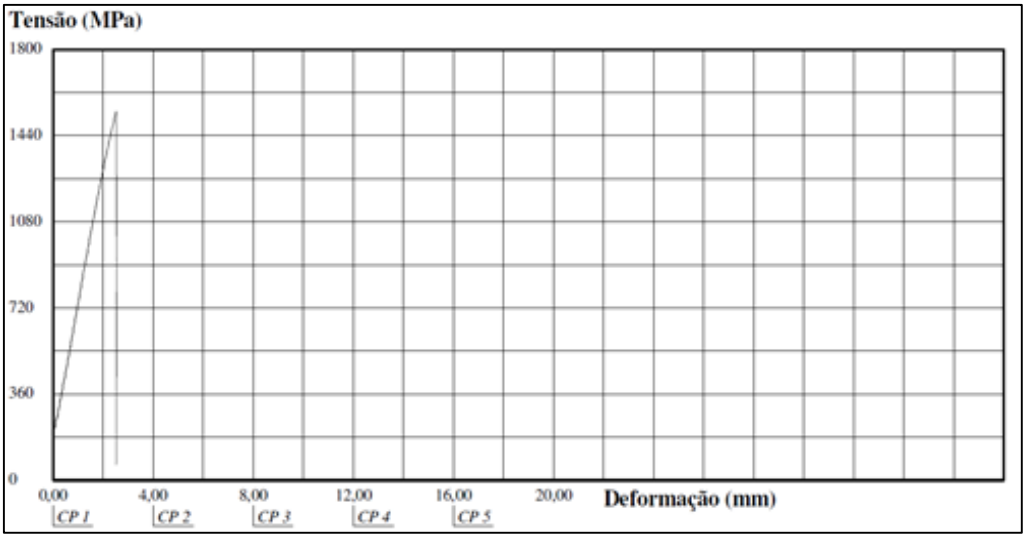
Figura 1 – Tensão x deformação Aço SAE 1045 recozido.



Fonte: Autores (2021).

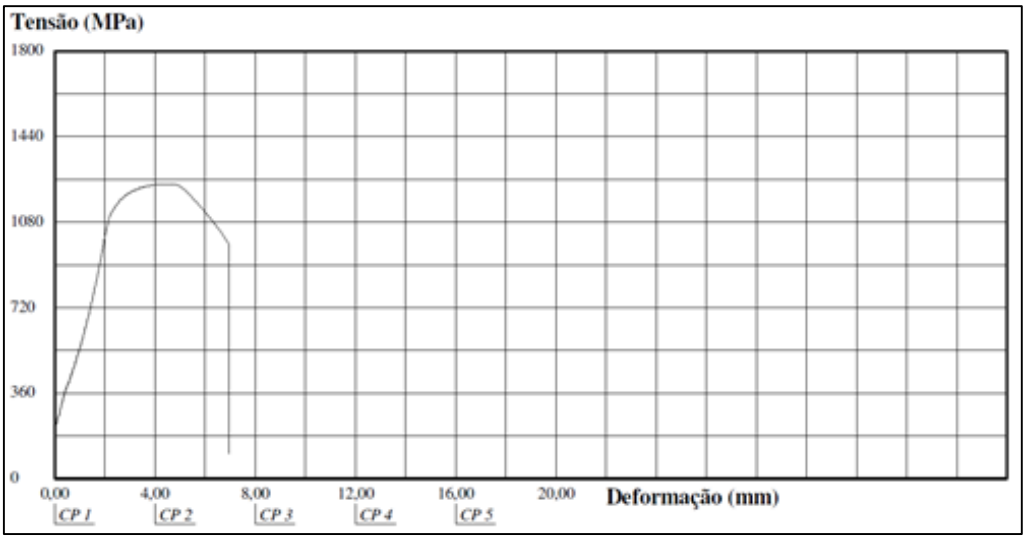
ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

Figura 2 – Tensão x deformação Aço SAE 1045 temperado.



Fonte: Os Autores (2021).

Figura 3 – Tensão x deformação Aço SAE 1045 temperado e revenido.



Fonte: Os Autores (2021).

ISBN: 978-65-89908-00-5

Tabela 2 – Dados do ensaio de tração.

Tratamento térmico	Recozida	Temperada	Temperada e revenida
L_0 (mm)	40	40	40
L_f (mm)	40,39	40,74	43,33
ΔL (%)	20,975	1,850	8,325
Tensão de escoamento (Mpa)	365,72	1436,19	1129,16
Tensão máxima (Mpa)	629,00	1543,10	1242,19
Força máxima (kN)	31,78	77,56	62,44

Fonte: Os Autores (2021).

Quanto à tenacidade do material – análise pela área do gráfico – foi maior na amostra de recozida. Ocorrendo a diminuição com a têmpera e um aumento com o revenimento.

Quanto à ductilidade do material – análise da região plástica do gráfico – a amostra temperada com pequena, ou nenhuma região plástica é considerada de um material frágil. Logo, diz-se das amostras temperada e revenida, e recozida como amostras dúcteis, por apresentarem regiões plásticas maiores. Sendo a amostra recozida a mais dúctil.

Quanto à dureza do material – análise pela quantidade de força aplicada para romper o corpo de prova - é maior na amostra temperada, e tem diminuição com o revenimento que corrige essa dureza excessiva que a têmpera causa no material, além de propor um alívio das tensões do mesmo.

ISBN: 978-65-89908-00-5

Ensaio de dureza

A partir do ensaio de dureza nas amostras de Aço SAE 1045, utilizando a média aritmética de cinco valores devidamente corrigidos quando necessários por um fator de correção pré-estabelecido segundo Vera (2021), obteve-se os resultados descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Valores de dureza dos corpos de prova produzidos.

Tratamento térmico	Recozida	Temperada	Temperada e revenida
Dureza Rockwell (HRc)	9,27	42,30	22,80
Dureza Rockwell (HRb)	84,10	-	99,13
Dureza Vickers (HV)	181,73	414,94	251,79
Dureza Brinell (HB)	173,38	392,78	240,89

Fonte: Os Autores (2021).

Conclui-se que o tratamento térmico de têmpera que tem por objetivo principal o aumento da dureza do material teve sucesso, já que é a amostra temperada que apresenta maior valor para tal propriedade, e tem diminuição – em um percentual de 53,9% - com o revenimento que corrige essa dureza excessiva que a têmpera causa no material.

Sabe-se que: “quando mais alta for a temperatura do revenido empregada, tanto menor será a dureza do material, mas em compensação, maior será a resiliência aos choques e pancadas”. (Cunha e Cravenco, 2006).

A tabela 4 traz valores de dureza apresentados pela literatura para comparação aos valores obtidos nos ensaios.

ISBN: 978-65-89908-00-5

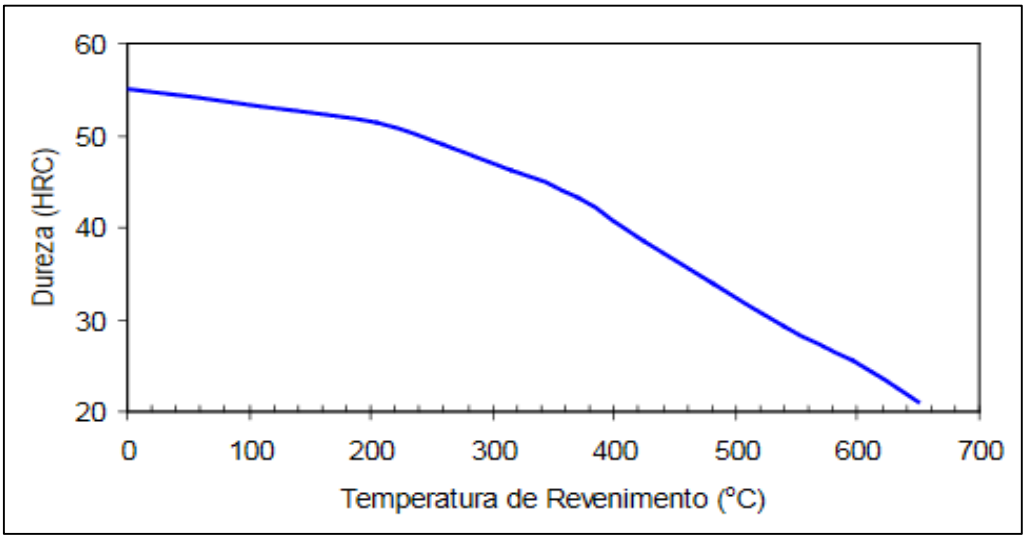
Tabela 4 – Valores de dureza apresentados pela literatura.

Tratamento térmico	Recozida	Temperada
Dureza Rockwell (HRc)	9,95	55,00
Dureza Rockwell (HRb)	89,72	-
Dureza Vickers (HV)	195	595
Dureza Brinell (HB)	185	560

Fonte: Chiavarini (2003).

Tendo-se o conhecimento de que a dureza no processo de revenimento é influenciada pela temperatura na qual o mesmo ocorre. Em literatura encontra-se o gráfico apresentado na Figura 4, o qual indica que a seleção da temperatura para o processo deverá ser escolhida a partir da utilização do componente em questão.

Figura 4 – Temperatura de revenimento x dureza HRc.



Fonte: Cunha e Cravenco (2006).

ISBN: 978-65-89908-00-5

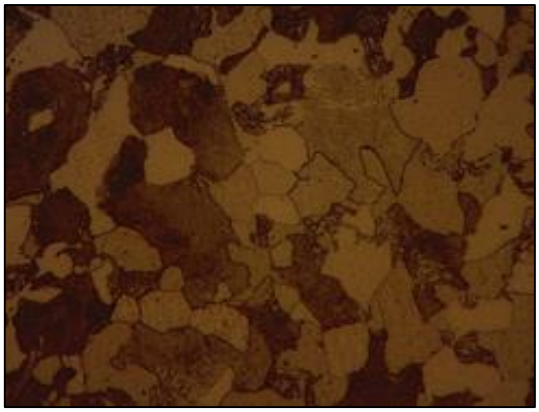
Pode-se concluir, comparando os resultados obtidos com a literatura, valores muito próximos na amostra recozida, porém nas amostras temperada, e temperada e revenida, demonstraram valores diferentes que podem ter sido influenciados por fatores como a velocidade do resfriamento no processo de têmpera.

Análise metalográfica

Através da análise microestrutural das amostras, juntamente com os dados de dureza já analisados em comparação com a literatura, podemos concluir que as amostras não acompanham os padrões pesquisados em literatura, já que não houve formação de martensita e martensita revenida de maneira nítida para análise metalográfica, dos corpos de prova temperado e temperado revenido.

Enquanto do corpo de prova, do aço que sofreu recozimento, esperava-se encontrar perlita e ferrita e prova-se a existência destas na análise metalográfica. As figuras 5, 6 e 7 apresentam as microestruturas do Aço SAE1045 recozido, temperado e temperado e revenido, com ataque químico à base de Nital 2% e com ampliação de 500 vezes.

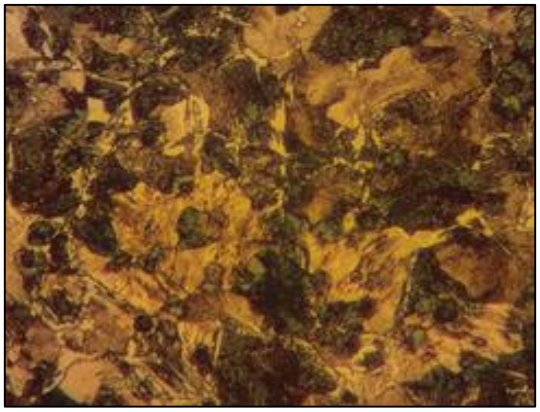
Figura 5 – Microestrutura Aço SAE 1045 recozido.



Fonte: Os Autores (2021).

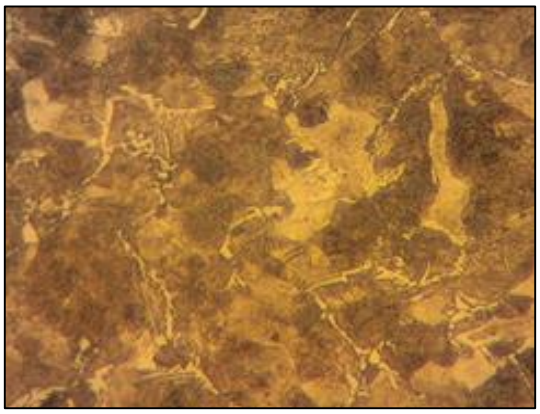
ISBN: 978-65-89908-00-5

Figura 6 – Microestrutura Aço SAE 1045 temperado.



Fonte: Os Autores (2021).

Figura 7 – Microestrutura Aço SAE 1045 temperado e revenido.



Fonte: Os Autores (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Partir dos dados apresentados e suas discussões sobre os ensaios mecânicos e metalográficos efetuados nas amostras do Aço SAE 1045, possibilita a conclusão em relação a algumas propriedades mecânicas do aço em questão, e a influência da microestrutura em relação a essas propriedades.

ISBN: 978-65-89908-00-5

Quanto aos tratamentos térmicos aplicados nas amostras, apresentam deficiência na têmpera, e na têmpera seguida de revenimento, já que os dados coletados diferem dos encontrados em literatura.

Quanto ao Aço SAE1045 e sua utilização, é uma boa opção, já que se trata de um aço econômico e que quando tratado de forma adequada termicamente, apresenta uma resistência mecânica superior à dos aços de baixo carbono convencionais combinado a uma boa resistência ao desgaste. Tratando-se de um aço de boa forjabilidade e boa usinabilidade.

REFERÊNCIAS

BURGER, G.R.; DOMINGUES, T.G.; JOSÉ, D.R.; MANSKE, G.A.; OLIVEIRA, R.D.; VIEIRA, L.N. **Estudo do Tratamento Térmico sobre a conformação do Aço 1045**. Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville - SC.

CHIAVERINI, V. **Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo. 2003.

CUNHA, L.S.; CRAVENCO, M.P. **Manual prático do mecânico**. 2.ed. São Paulo. Hemus, 2006. 48p.

LIMA, C.C.; BEZERRA, I.A.; SILVA, M.C.A.; COELHO, R.E.; SOBRAL, M.D.E. **Evolução Microestrutural da Cinética de Austenitização do aço 1045**. VII CONNEPI. Palmas – TO. Outubro, 2012.

VERA. **Tabela de conversão de durezas.** Disponível em: http://metalurgicavera.com.br/produtos/TABELA-DE-CONVERSAO-DE-DUREZAS.php. Acesso em 29 mar.2021.