

INFLUENCIA DOS DIFERENTES TRATAMENTOS TERMICOS NA MICROESTRUTURA DO AÇO SAE 8620 *

Dyego Irineu Silva de Almeida
Dário Freire Arrais
Mário José Maia Leitão

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos dos ciclos de tratamento térmico de recozimento, normalização e esferoidização nas características microestruturais do aço SAE 8620. O aço SAE 8620 é amplamente utilizado na fabricação de engrenagens, pinos e peças onde há exigência de dureza superficial, obtida pelo processo de cementação ou carbonitretação. O aço SAE 8620 é empregado na construção de mecanismos onde a resistência ao desgaste é propriedade mais importante. Para essa aplicação, aços com baixo teor de carbono produzem um núcleo tenaz e os tratamentos termoquímicos conferem as características superficiais necessárias. O espécime original foi caracterizado através dos procedimentos necessários para visualização da microestrutura, bem como as amostras provenientes dos tratamentos térmicos. Sabe-se que o estudo metalográfico de um material é de grande importância para a identificação de suas propriedades, haja vista que essas propriedades estão diretamente relacionadas com a microestrutura que o material possui. Concluiremos que os diferentes ciclos de tratamento térmico, influenciam diretamente nas microestruturas das peças tratadas termicamente, como também na propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Recozimento; Normalização; Esferoidização; SAE 8620.

INFLUENCE OF DIFFERENT THERMAL TREATMENTS IN THE SAE 8620 STEEL MICROSTRUCTURE

Abstract

The present work had as objective to analyze the effects of annealing, normalization and spheroidization thermal treatment cycles on the microstructural characteristics of SAE 8620 steel. SAE 8620 steel is widely used in the manufacture of gears, pins and parts where there is a requirement for surface hardness obtained by the carburizing or carbonitriding process. SAE 8620 steel is used in the construction of mechanisms where the wear resistance is the most important property. For this application, low carbon steels produce a tenacious core and thermochemical treatments give the necessary surface characteristics. The original specimen was characterized by the procedures necessary to visualize the microstructure, as well as the samples from the thermal treatments. It is known that the metallographic study of a material is of great importance for the identification of its properties, since these properties are directly related to the microstructure that the material possesses. We will conclude that the different cycles of thermal treatment, directly influence the microstructures of the parts treated thermally, as well as in the mechanical properties.

Keywords: Annealing; Normalization; Spheroidization; SAE 8620.

- ¹ Engenharia Metalúrgica/graduando, bolsista voluntário de iniciação científica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.
- ² Engenharia Metalúrgica/graduando, voluntário de iniciação científica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.
- ³ Engenharia Metalúrgica/graduando, bolsista voluntário de iniciação científica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de alterar a microestrutura e as fases de um material permite ao engenheiro definir a combinação das propriedades mais adequadas de um material em relação a uma determinada aplicação. A quantidade relativa das fases estará relacionada com a composição química de cada liga, em contrapartida o tamanho e a morfologia dependem basicamente do histórico termomecânico que foi submetido o material.

Diversos autores têm destacado a importância dos tratamentos térmicos e sua influência nas propriedades mecânicas finais do material[1-3].

Os tratamentos térmicos podem ser descritos por ciclos de aquecimento e resfriamento, sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidades de aquecimento e resfriamento, com o objetivo de alterar as propriedades de certos materiais metálicos, conferindo-lhes características determinadas e causando modificações em suas microestruturas sem que haja mudanças na forma do produto[3]. Os tratamentos térmicos nos aços possibilitam a formação de microestruturas conhecidas como Ferrita, Cementita, Perlita, Bainita, Martensita e Austenita retida.

O tratamento térmico de recozimento tem por objetivo a diminuição do encruamento e reduzir a dureza do material metálico previamente encruado, em alguns casos pode-se ter uma recristalização do mesmo. No caso específico dos aços o recozimento também se caracteriza por um resfriamento lento, dentro do forno, a partir de uma temperatura onde exista Austenita[3,4].

O tratamento térmico de normalização é realizado de forma semelhante ao recozimento. A normalização caracteriza-se por um resfriamento relativamente lento, ao ar (calmo ou forçado), a partir de uma temperatura onde exista 100% de Austenita[3,4].

O tratamento térmico de esferoidização é um processo de ajuste morfológico, onde ocorre uma evolução microestrutural da perlita pelo mecanismo de coalescimento, com consequente formação de uma estrutura globular ou esferoidal de carbonetos em uma matriz ferrítica[3,4].

A superfície será examinada através do lixamento com uma série de lixas de granulometria cada vez mais fina, seguida do polimento com abrasivos, como a pasta de diamante e/ou alumina. Após o polimento, a amostra é atacada com um reagente químico para revelar a microestrutura[1].

Uma adequada preparação das amostras é de fundamental importância para à análise das microestruturas presentes, uma vez que, se devidamente preparadas, a análise não causará dúvidas na interpretação e evita conclusões erradas.

A fim de avaliar as alterações nas microestruturas do aço liga SAE 8620, serão realizados tratamentos térmicos com tempo e temperatura controlada, com o objetivo de avaliar o quanto que cada tratamento influenciará nos seus microconstituintes. Após a análise em microscópio, foi feita a identificação das fases constituintes, fazendo uma comparação entre as amostras fornecidas e as micrografias encontradas na literatura.

Além das características microestruturais avaliou-se também o comportamento da microdureza nos diferentes tratamentos térmicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho o material para estudo é o SAE 8620, classificado como aço-liga de baixo teor de liga. A composição química típica do aço é mostrada na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta a composição química do aço utilizado nesse trabalho.

Tabela 1. Composição química típica do aço SAE 8620 em % em massa

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
Mín	0,18	0,15	0,7	-	0,02	0,4	0,4	0,15	0,025
Max	0,23	0,35	0,9	0,03	0,035	0,6	0,7	0,25	0,04

Fonte: ASM HANDBOOK⁵.

Tabela 2. Composição química do aço utilizado nesse trabalho analisado em espectrômetro de emissão ótica Shimadzu PDA-7000.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
Mín	0,21	0,24	0,76	0,01	0,02	0,51	0,39	0,17	0,025

Fonte: Elaborado pelos autores.

Todas as 4 amostras do aço SAE 8620 foram seccionadas de uma barra circular de 25,4mm de diâmetro com espessura de 15mm, numa cortadora metalográfica.

Após os tratamentos térmicos as amostras foram devidamente identificadas. Estas foram submetidas ao processo de lixamento, polimento utilizando uma politriz e pano apropriado com a adição de alumina com granulações de 1µm e 0,05 µm e ataque químico realizado com Nital 2% por 3 segundos.

Na amostra 1 amostra não foi realizado tratamento térmico, para o comparativo com as demais amostras.

As temperaturas selecionadas foram adotadas a partir de dados para um aço SAE 8620 obtidos da literatura ASM METALS HANDBOOK⁶.

Cada amostra foi tratada termicamente em um forno tipo Mufla, sem controle de atmosfera, sendo as temperaturas monitoradas por um sensor termopar externo.

A amostra 2 foi aquecida à uma temperatura de 930°C no forno durante um período de 1h (uma hora) para a realização do recozimento do aço, seguido de um resfriamento ao forno (retirada no outro dia).

Na amostra 3 foi feita uma normalização seguida de resfriamento ao ar. Anteriormente a amostra foi aquecida à uma temperatura de 930°C durante um período de 1h (uma hora).

A amostra 4 foi aquecida à uma temperatura de 930°C no forno durante um período de 1h para a completa austenitização da peça. Após o processo, foi retirada do forno e resfriada ao ar calmo. Para esferoidização foi realizado um aquecimento por 15h a uma temperatura de 710 °C.

Resumidamente, os parâmetros dos tratamentos térmicos e termoquímicos realizados nas amostras estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros utilizados no tratamento térmico.

AMOSTRA	TRATAMENTO	TEMPERATURA	TEMPO	MEIO DE RESFRIAMENTO
1	Sem Tratamento	-	-	-
2	Recozimento	930 °C	1h	Ao forno
3	Normalização	930 °C	1h	Ao ar calmo
4	Esferoidização/ Esferoidização	930 °C /710 °C	1h	Ao ar calmo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O ataque químico foi realizado com Nital 2% por 3 segundos. Utilizou-se o Microscópio Óptico ZEISS e um microcomputador com um software AxioVision de captação de imagens para a obtenção das microestruturas apresentadas a seguir.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, verifica-se a microestrutura do aço SAE 8620 nas condições de fornecimento. Pode-se observar uma a microestrutura características dos aços hipoeutetóides, lamelas de perlita, tendo como fundo uma matriz ferrítica.

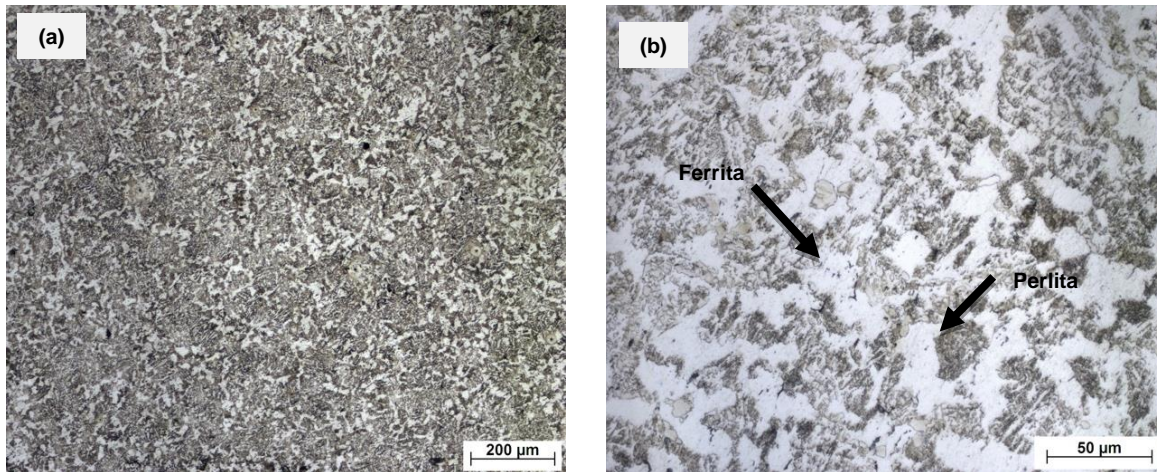


Figura 1. (a) Micrografia da amostra como recebida, ataque nital 2%, ampliação 100X (b) Micrografia da amostra como recebida, ataque nital 2%, ampliação 500X.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando a amostra de referência, com o observado na literatura, percebemos a estrutura ferrítica perlítica bem definida.

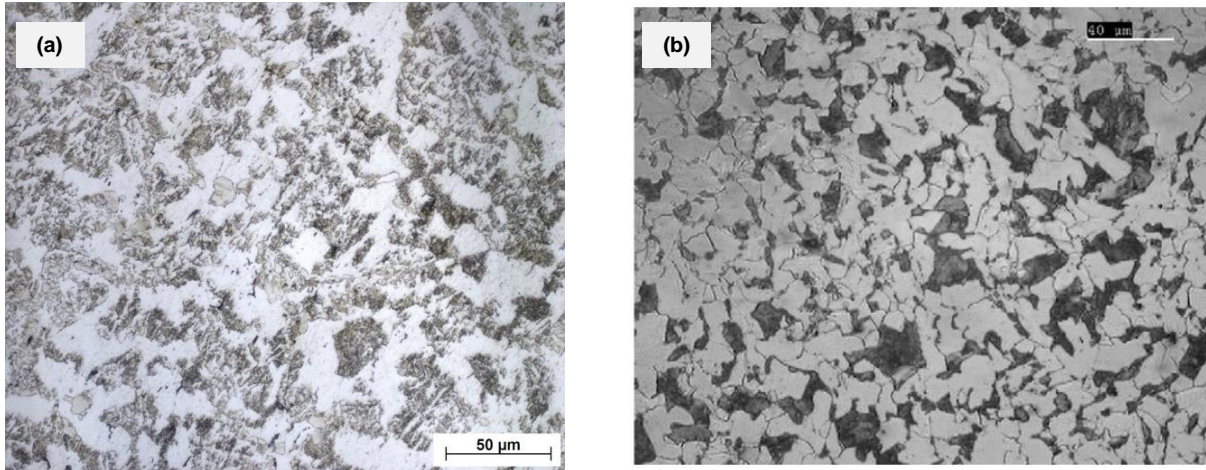
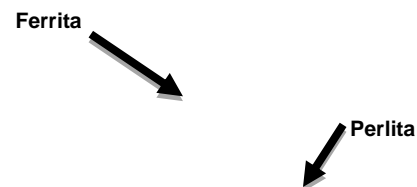


Figura 2. (a) Micrografia da amostra como recebida, ataque nital 2%, ampliação 500X (b) MARINES-GARCIA, I., PARIS, P. C., TADA, H., & BATHIAS, C..Fatigue crack growth from small to long cracks in very-high-cycle fatigue with surface and internal “fish-eye” failures for ferrite-perlitic low carbon steel SAE 8620. Materials Science and Engineering: A, v. 468, p. 120-128, 2007.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A amostra 2 foi submetida ao ciclo de recozimento, seguido de um resfriamento ao forno. Observa-se na Figura 2 uma maior concentração das fases Ferrita e Perlita. Comparando a amostra de referência da Figura 1 com a amostra 02 observada na Figura 3 que foi recozida à temperatura de 930°C, tem-se uma diferença de microestrutura, com grãos maiores, poligonais e bem divididos.



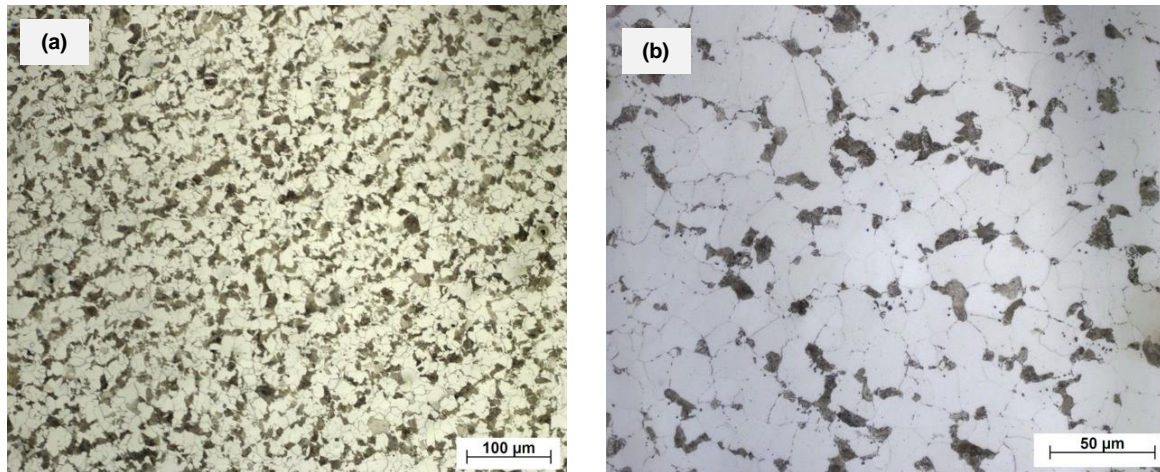


Figura 3. (a) Micrografia da amostra recozida, ataque nital 2%, ampliação 200X. (b) Micrografia da amostra recozida, ataque nital 2%, ampliação 500X
Fonte: Elaborado pelos autores

Como o objetivo do tratamento térmico de recozimento é reduzir a dureza do aço, aumentando sua usinabilidade, pela presença de uma estrutura mais homogênea, ocasionadas por uma perlita com lamelas mais espessa.

Ainda em relação à amostra 01, quando comparada com a imagem metalográfica do processo de normalização aplicado na amostra 3, temos grão menores na amostra 1.

Como o ciclo de tratamento térmico empregado na amostra 03 foi o de normalização, percebe-se que pelo tempo de resfriamento ser menor (resfriado ao ar calmo), tem-se grão com um menor tamanho em relação à amostra como recebida e também em relação à amostra 02 que passou pelo processo de recozimento pleno.

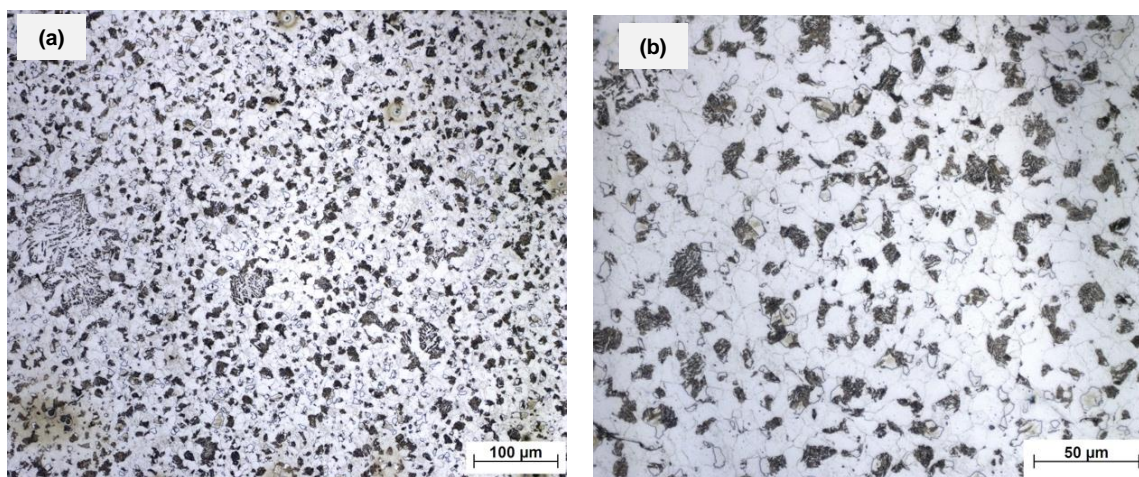


Figura 4. (a) Micrografia da amostra normalizada, ataque nital 2%, ampliação 200X. (b) Micrografia da amostra normalizada, ataque nital 2%, ampliação 500X.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O refino das lamelas de perlita proporcionado pela normalização resulta no aumento das propriedades mecânicas de dureza e resistência à tração se comparado com o tratamento de recozimento.

Outra característica observada é uma distribuição de grãos mais uniforme no corpo da peça se comparado com a amostra 1.

Pode-se observar na Figura 5, a forma dos carbonetos precipitados na amostra recozida e normalizada, amostras 2 e 3 respectivamente. Estes carbonetos possuem a forma de lamelas oriundas do processo de normalização e recozimento. Observa-se na amostra recozida lamelas mais uniformes, provavelmente por ter um tempo maior de difusão permitindo uma melhor distribuição dos carbonetos de ferro na matriz ferrítica.

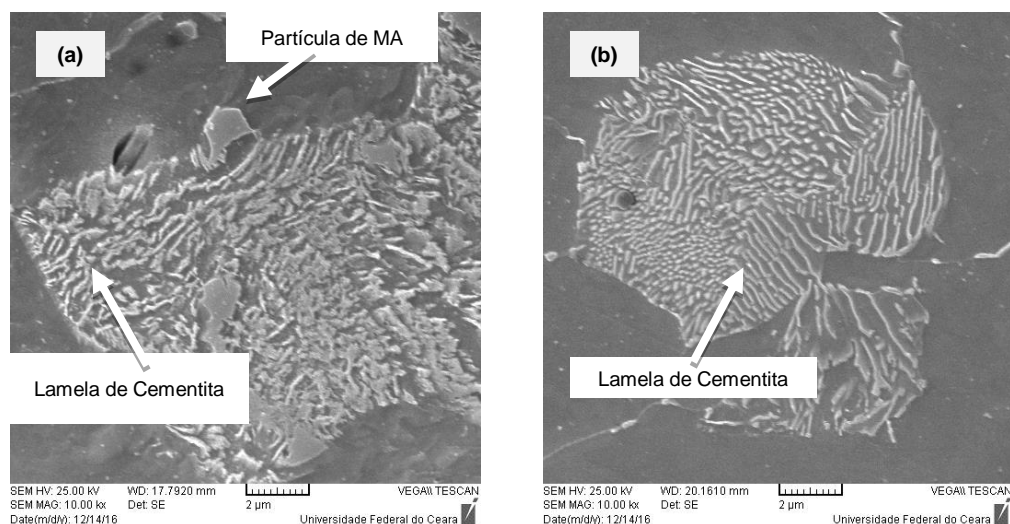


Figura 5. (a) Micrografia da amostra normalizada, ataque nital 2%, ampliação 10.000X. (b) Micrografia da amostra recozida, ataque nital 2%, ampliação 10.000X.

Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante frisar que na Figura 5a observa-se um a partícula que é, provavelmente de martensita austenita (MA). Nota-se que a amostra que foi recozida, figura 5b, apresenta uma estrutura mais uniforme enquanto a amostra que foi normalizada,

figura 5a, apresenta lamelas irregulares. Isso ocorre por conta da diferença entre as velocidades de resfriamento.

Em função do ciclo térmico do processo de esferoidização pode haver variações no tamanho e distribuição dos carbonetos e no tamanho de grão ou sub grão da ferrita que podem alterar significativamente a ductilidade.

A estrutura perlítica lamelar presente nas Figuras 1, 2 e 3 é substituída por uma estrutura ferrítica com esferóides de carbonetos, nota-se uma significativa modificação nas propriedades dessa microestrutura.

Existem várias técnicas que são utilizadas para o tratamento de esferoidização que permitem obter uma estrutura com carbonetos esferoidizados. No caso deste artigo foi feita uma esferoidização em temperatura constante, abaixo da zona crítica por um período prolongado.

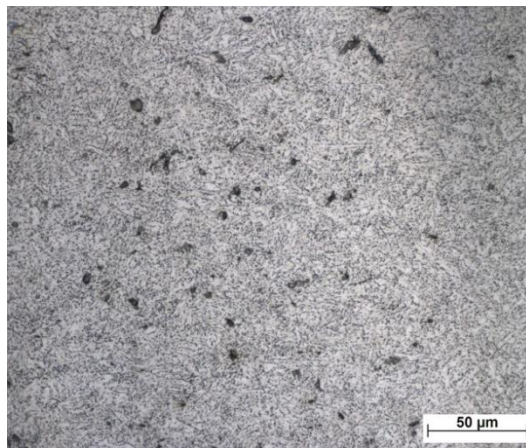


Figura 6. Amostra 4 – Esferoidizada 500X, Nital 2.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Dependendo da severidade do resfriamento é possível obter diferentes microestruturas. Um resfriamento lento resultará em uma microestrutura perlítica em uma matriz ferrítica e quanto mais lento for o resfriamento, mais grosseira será a espessura das lamelas de perlita conferindo maior ductilidade e menor dureza ao material.

Type: 8620

Composition: Fe - 0.18% C - 0.79% Mn - 0.52% Ni - 0.56% Cr - 0.19% Mo Grain size: 9-10 Austenitized at 899°C (1650°F)

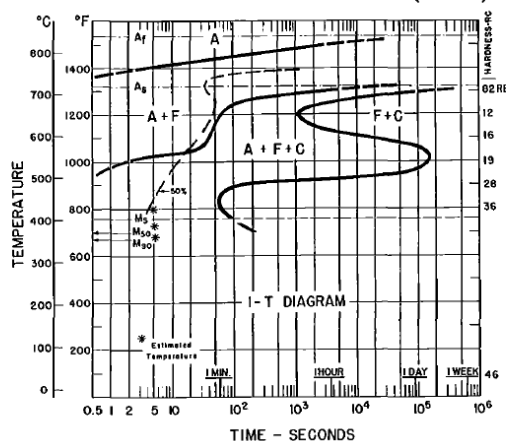


Figura 7. Curvas TTT para um aço 8620.

Fonte: Vander Voort, George F. - Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels. ASM International, 1991.

Com a aplicação dos tratamentos térmicos de normalização, recozimento e de esferoidização, observa-se diferenças nas microestruturas bem como nas características mecânicas como microdureza particulares em cada ciclo de tratamento.

Tabela 4. Microdureza dos diferentes tipos de tratamento térmico para o aço SAE 8620.

AMOSTRA	TRATAMENTO	Dureza(HV) Média	Desvio Padrão
1	Sem Tratamento	234,8	16,24
2	Recozimento	159,4	5,89
3	Normalização	188,6	6,09
4	Esferoidização	211,6	5,16

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 8 é possível comparar as microestruturas das 4 amostras. Na tabela 4 consta os valores de microdureza para cada amostra e na figura 9 é possível comparar os dados da tabela 4.

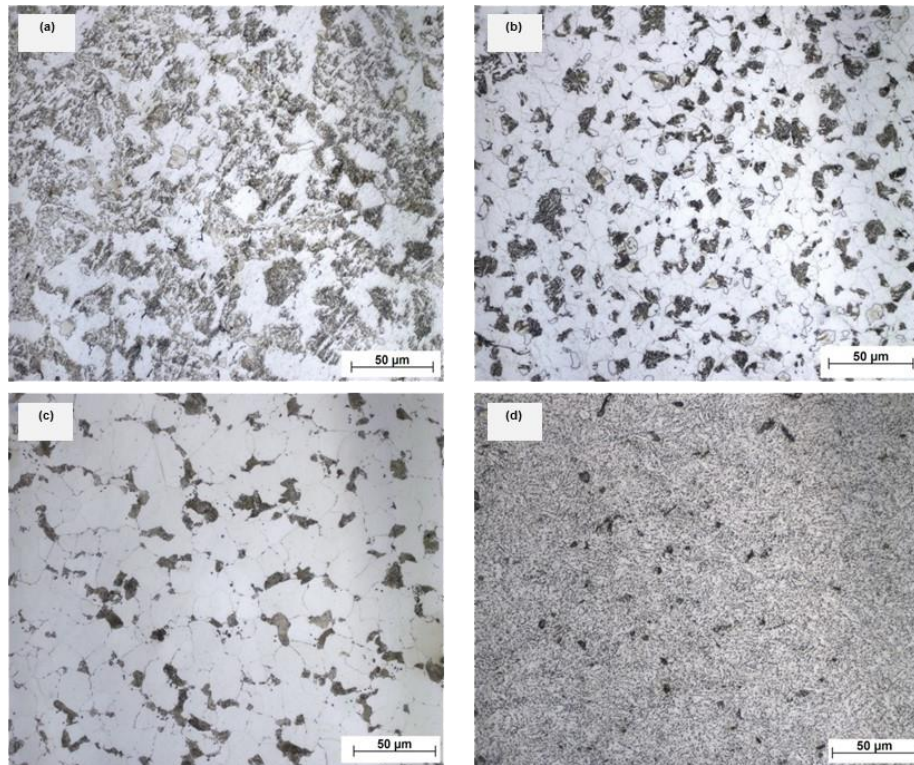


Figura 8. a) Amostra 1 – sem tratamento, 500x, ataque Nital 2%. b) Amostra 3, Normalizada, 500x, ataque Nital 2%. c) Amostra 2, recozida, 500x, ataque Nital 2%. d) Amostra 4, 500x, ataque Nital 2%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

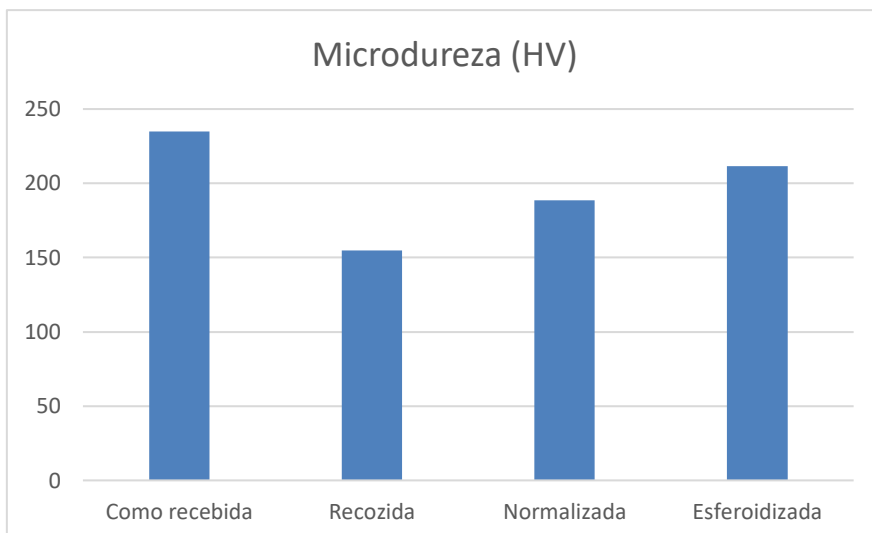


Figura 9. Medidas de microdureza Vickers.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando os dados é possível observar que a microdureza apresentada pela amostra recozida é inferior à da amostra normalizada, algo esperado, porém esperava-se, também, que a menor microdureza fosse apresentada pela amostra esferoidizada, fato que não ocorreu.

4 CONCLUSÃO

O resfriamento mais lento do recozimento resulta em uma perlita com lamelas mais grosseiras e uniformes se comparado com a amostra normalizada. Isso implica diretamente na dureza dessas amostras tendo em vista que a amostra recozida possui dureza menor que a normalizada.

Pelo tratamento de esferoidização, conclui-se que o tempo prolongado de exposição da amostra a uma temperatura elevada permite uma alteração da morfologia dos carbonetos de ferro antes em um formato lamelar e após o tratamento se apresenta em um formato globulizado ou esferoidizado. Na teoria isso deveria proporcionar uma dureza menor do que a amostra recozida, porém não foi o que aconteceu na prática.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Caracterização de Materiais (LACAM – UFC) pela disponibilidade do forno para os diferentes tratamentos térmicos e microscópio óptico para a obtenção das imagens das microestruturas presentes neste trabalho.

Ao Laboratório de Metalografia pelo espaço físico e material disponível para preparação das amostras.

Ao Aluno de graduação Thiago César, pelas imagens de MEV.

REFERÊNCIAS

- 1 COLPAERT, H. Metalografia dos produtos siderúrgicos. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

- 2 CALLISTER, W. D. Fundamentos de ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- 3 NOVIKOV, I. Teoria dos tratamentos térmicos dos metais. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1994.
- 4 COSTA E SILVA, A. L. MEI, P. R. Aços e ligas especiais. 3 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2010.
- 5 ASM HANDBOOK. Volume 1. Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys, v. 2, 2009.
- 6 ASM METALS HANDBOOK. Volume 4– Heat Treating. ASM International, 1991.
- 7 Vander Voort, George F. - Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels. ASM International, 1991.
- 8 MARINES-GARCIA, I., PARIS, P. C., TADA, H., & BATHIAS, C.. Fatigue crack growth from small to long cracks in very-high-cycle fatigue with surface and internal “fish-eye” failures for ferrite-perlitic low carbon steel SAE 8620. Materials Science and Engineering: A, v. 468, p. 120-128, 2007.
- 9 PERUCH, Fábio. Influência do ciclo de recozimento para esferoidização nas propriedades mecânicas do aço ABNT 5160. 2009.