

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE TRATAMENTOS TÉRMICOS NA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 1022

Aline Barbara Santos do Amaral, aline.b.amaral@outlook.com¹

Marcus Vinicius Badaró de Oliveira Ribeiro, marcus.vinicius.badaro@gmail.com¹

Isa Moreira da Silva Santos, isamoreira@outlook.com.br¹

¹ SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã. 41650-010 Salvador – BA – Brasil

Resumo: A necessidade de se obter maior aproveitamento de materiais metálicos em suas aplicações, como resistência ao desgaste, dureza, maleabilidade e ductilidade faz-se necessário ao uso de métodos assertivos para adquirir tais propriedades, tratamentos térmicos. Com finalidade de avaliar os efeitos e as características de alguns desses tratamentos térmicos essa pesquisa se propôs a avaliar os tratamentos de têmpera, recozimento pleno e esferoidização, através da análise química para identificação e confirmação do aço, e de análises metalográficas para avaliação, e validação das microestruturas do material tratado mostrando os efeitos gerados pelos tratamentos. Chegando-se a resultados satisfatórios e condizentes do comportamento do material.

Palavras-chave: tratamento térmico, AISI 1022, têmpera, recozimento pleno, esferoidização, microestrutura, metalografia.

1. INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos metais a séculos passados esses materiais têm uso comum em nosso cotidiano. Com esse uso elevado foi observado durante o tempo que com o seu aquecimento e resfriamento as suas propriedades mecânicas e metalúrgicas eram alteradas de acordo com que eram trabalhados, agregando características de dureza, ductilidade, fragilidade ou outras características. Depois de grandes desenvolvimentos do metal durante seu histórico, esse processo ficou conhecido como Tratamento Térmico, qual é caracterizado como o processo de aquecimento e resfriamento em condições controladas de ligas metálicas, ferrosas e não ferrosas com o objetivo de modificar suas propriedades, com base nos seus diagramas de fases dos aços e ligas. Quando um aço possui 0,77% de carbono em sua composição, ele é designado de eutetoide. O produto formado a partir dessa reação invariante é a perlita. Já um aço com teor abaixo de 0,77% de carbono, é chamado de hipoeutetoide e possui ferrita e perlita em sua microestrutura. Acima de 0,77% de carbono, é conhecido como hipereutetoide e possui perlita e cementita em sua microestrutura (SILVA; MEI, 2010). Entretanto, outros elementos estão presentes na composição do aço carbono, como o fósforo, manganês, enxofre, e silício, mas em pequenos valores. O fósforo e enxofre são considerados impurezas e, por essa razão, espera-se que o seu teor seja o mínimo possível, pois são elementos fragilizantes que podem ocasionar problemas durante a fabricação e utilização do aço. Já o manganês confere maior temperabilidade, soldabilidade e resistência à tração ao aço, sendo recomendado um teor de até 0,9%. O silício, em teores abaixo de 1%, confere resistência e é desoxidante. Valores acima de 1% acabam diminuindo a ductilidade e tenacidade do aço (LIMA, 2005).

Atualmente nas engenharias as ligas e os aços são os que possuem maior frequência de uso por esse motivo possuem mais pesquisas e trabalhos alocados. E para conferir propriedades e características determinadas ao aço, são realizados tratamentos térmicos que modificam, em maior ou menores escala a estrutura dos aços, resultando, em consequência, na alteração mais ou menos pronunciada de suas propriedades. A aplicação do tratamento térmico é definida por 2 três setores, aquecimento, manutenção e controle da temperatura e resfriamento. Segundo Chiaverini o aquecimento é geralmente realizado acima da temperatura de zona crítica de transformação dos diagramas de fases, no caso dos aços de ferro carbono a fim de obter a completa austenitização (dissolução dos carbonetos de ferro no ferro gama). Esta é o ponto de partida para as transformações de fases posteriores, sendo processadas em função da velocidade de esfriamento. A temperatura de aquecimento é relativamente fixa de acordo com a natureza do processo e com as propriedades e estruturas finais desejadas. Chiaverini também comenta que o tempo de manutenção e controle da temperatura assim como a temperatura de aquecimento quanto mais longo o tempo à temperatura de austenitização, mais completa a dissolução dos carbonetos e aumento do grão. Uma temperatura ligeiramente mais elevada é mais vantajosa que um tempo mais longo à temperatura inferior, de modo que possibilita maior uniformidade através de toda secção do aço. E o tempo de resfriamento é o ponto mais importante durante esse processo, visto que ele determinará as propriedades, características e fases que o material será composto, onde se existem diferentes meios de resfriamento,

para que isso seja mais brusco ou mais controlado. Os objetivos dos tratamentos térmicos consistem em aumento ou diminuição da dureza; aumento da resistência mecânica; melhora da ductilidade; melhora da usinabilidade; melhora da resistência ao desgaste; melhora das propriedades de corte; melhora da resistência à corrosão; melhora da resistência ao calor e modificação das propriedades elétricas e magnéticas (SPECTRU).

Nesta pesquisa serão aplicados os tratamentos de tempera, recozimento pleno e esferoidização e avaliados as suas características microscópicas. Em condições de aplicação indicadas pela literatura para os tratamentos indicados e através das fases e formatos de grãos formados serão identificados e comparados o sucesso do tratamento térmico e pelas características dessas fases, a sua condição de uso final, com o intuito de confirmar as indicações literárias.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. CORPOS DE PROVA

A peça de aço AISI 1022 foi cortada em quatro amostras, com a máquina de corte Aracor 80, com cortador abrasivo. Três amostras foram utilizadas para realização dos três tratamentos diferentes, e a última foi a amostra de referência.

Figura 1 - Amostra de aço 1022.



Fonte: Própria, 2017.

2.2. ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA

A realização do ensaio para definir a composição química do material de base ocorreu através da utilização do equipamento Espectrômetro Ótico Foundry Master Pro. Este equipamento realiza a leitura da porcentagem de elementos químicos que constituem o aço.

2.3. TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os tratamentos térmicos foram realizados em um forno elétrico convencional no Laboratório de Conformação do Centro Universitário SENAI CIMATEC.

2.3.1. TÊMPERA

Foi realizada a têmpera, na qual o aço foi aquecido até a temperatura de austenitização (833 °C), permanecendo nesta temperatura durante 15 minutos. Após este tempo, a peça foi retirada do forno e foi resfriada em água à temperatura ambiente, com movimentos circulares para o resfriamento homogêneo.

2.3.2. RECOZIMENTO

Foi realizado o recozimento pleno, no qual o aço foi aquecido até a temperatura de austenitização (833 °C), permanecendo nesta temperatura durante 15 minutos. Após este tempo, o forno foi desligado e a peça foi resfriada lentamente dentro do forno.

2.3.3. ESFEROIDIZAÇÃO

Foi realizado a esferoidização, na qual o aço foi aquecido a uma temperatura um pouco abaixo da A_1 (700 °C), permanecendo nesta temperatura durante 15 horas.

2.4. ANALISE METALOGRÁFICA

Como as amostras para a realização das análises devem possuir pequenas dimensões, foram feitos cortes das chapas com um cortador abrasivo, para evitar possíveis alterações microestruturais decorrentes de outros tipos de técnicas de corte. A máquina de corte utilizada foi a Arocor 80. Em seguida, as amostras foram lixadas para eliminar os riscos e as

marcas mais profundas de suas superfícies, através do método de lixamento manual, no qual as mesmas foram lixadas sucessivamente com lixas de granulometria cada vez menor, mudando-se de direção (90°) em cada uma subsequente até desaparecerem os traços da anterior. A granulometria das lixas é dada em números e, quanto mais baixo for esse número, mais grossa será a lixa e, por consequência, mais abrasiva será. A sequência de lixas utilizadas foi de 180, 220, 360, 600, 800 e 1200 e a máquina utilizada foi máquina Arotec Arotol 2V. Após o lixamento, foi realizado o processo mecânico de polimento para dar um acabamento superficial polido e isento de marcas à superfície das amostras. O agente polidor utilizado foi a alumina com granulometria de um μm (micrómetro). A máquina utilizada foi a politriz Poliplan-2. Para revelar a microestrutura e os constituintes de cada amostra, possibilitando maior entendimento das suas propriedades, visualização dos contornos de grão e as diferentes fases da microestrutura, foram realizados ataques químicos nas amostras, na qual o reagente ácido foi colocado em contato com a superfície da amostra por um tempo determinado e causou a corrosão da superfície. O reagente utilizado foi o nital 2% (98 mL de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 5 mL de HNO_3). O método aplicado foi o ataque por imersão, no qual a superfície da amostra foi imersa na solução do ataque. A imersão durou 12 segundos para a peça controle e 13 segundos para as demais peças que foram tratadas termicamente. Em seguida, a amostra foi levada rapidamente para ser lavada em água corrente. Após a lavagem, a amostra foi secada com o auxílio de um secador e um algodão com álcool para secar mais rapidamente devido à volatilidade do álcool.

2.5. PERCENTUAL DE PERLITA E FERRITA

Para estimar a constituição estrutural deste aço sem os tratamentos, aplicou-se a regra da alavanca (CHIAVERINI, 2008).

$$\% \text{ de perlita} = 100 \times \frac{\% \text{ de carbono} - 0}{0,77 - 0} \quad (1)$$

$$\% \text{ de ferrita (proeutetoide)} = 100 \times \frac{0,77 - \% \text{ de carbono}}{0,77 - 0} \quad (2)$$

Para fins de comparação, foi feito o processamento da micrografia, utilizando o software ImageJ. Com a binarização da imagem, o software indicou o percentual das fases, e os valores obtidos foram comparados com o percentual de carbono dado pela análise química do aço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção encontram-se todos os resultados e discussões referentes a análise de composição química, as análises metalográficas.

3.1. ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA

Através da análise de composição química Tabela 1 e Tabela 2, conclui-se que a amostra de aço apresentou valores condizentes com a norma para o aço AISI1022, estando em conformidade. Além dos elementos destacados por norma como constituinte padrão, a amostra ainda apresentou valores de Silício (Si) 12,5 %, Cromo (Cr) 2% entre outros elementos.

Tabela 1: Média ($\pm$ desvio padrão) dos elementos químicos de composição do aço (%)

Carbono (C)	Manganês (Mn)	Fósforo (P) máx.	Enxofre (S) máx.
0,184 $\pm$ 0,007	0,715 $\pm$ 0,007	0,018 $\pm$ 0,0003	0,013 $\pm$ 0,001

FONTE: Própria, 2017

Tabela 2: Composição química do aço AISI 1022 (%)

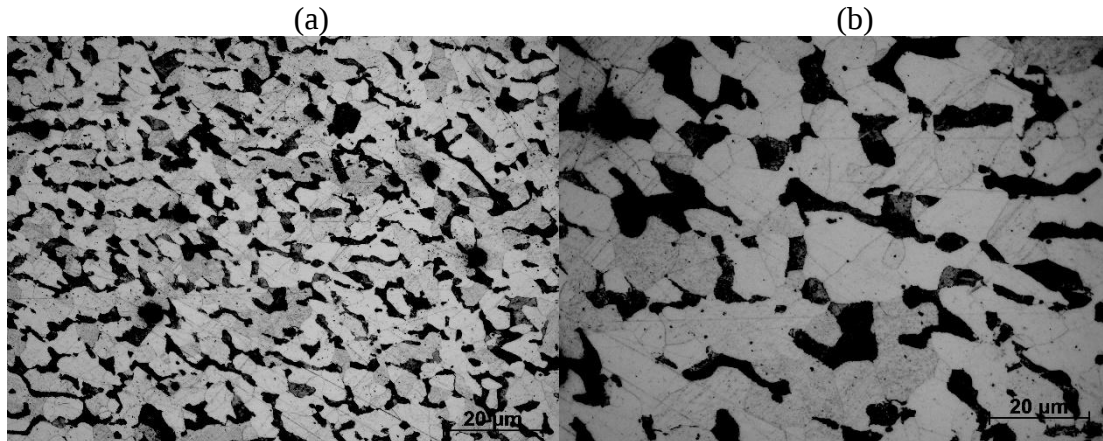
Carbono (C)	Manganês (Mn)	Fósforo (P) máx.	Enxofre (S) máx.
0,18 – 0,23	0,70 – 1,00	0,040	0,050

FONTE: ABNT NBR NM 87, 2000.

3.2. METALOGRAFIA

Na amostra atacada quimicamente, consegue-se observar tanto as fases como as suas distribuições, o que permite avaliar aspectos estruturais e segregações. Na Figura 2, observa-se a amostra do aço 1022 sem tratamento térmico, após o ataque. A peça possui ferrita e perlita na estrutura, por ser um aço hipoeutetoide. O ataque químico revelou o contorno de grão da ferrita e a diferenciou por coloração da perlita. Com o nital, a ferrita aparece “branca” e a perlita “escura”, pois, o reagente químico corroeu mais uma fase do que a outra, produzindo diferenças de altura em relação à superfície, refletindo mais ou menos luz para a ocular do microscópio (SILVA; MEI, 2010).

Figura 2 - Micrografia do aço 1022 com ataque químico Nital 2% - (a) 20X e (b) 50X.

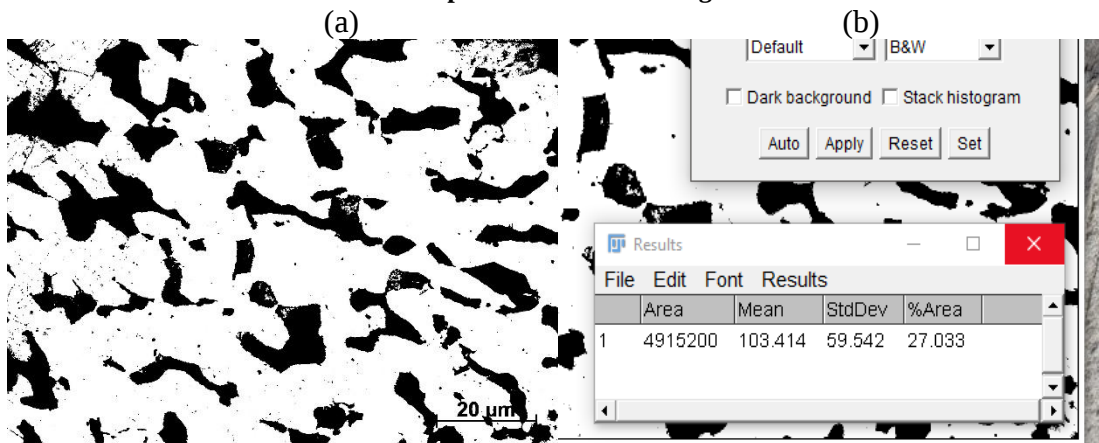


Fonte: Própria, 2017.

Fonte: Própria, 2017.

Através do processamento da micrografia do aço 1022 obteve-se a imagem binarizada (Figura 3 (a)). Com o uso do software ImageJ, o resultado percentual estimado de perlita foi 27,03% (Figura 3 (b)).

Figura 3 - (a) Imagem da figura 3(b) binarizada pelo software ImageJ. (b) Resultado do software de processamento de imagens.



Fonte: Própria, 2017.

Fonte: Própria, 2017.

Utilizando a *regra da alavanca* (CHIAVERINI, 2008), pode-se determinar o percentual de perlita, através do percentual de carbono (18,4%), obtido através da análise de composição química e comparar com o valor obtido pelo software (27, 03%).

$$\begin{aligned} \% \text{ perlita} &= 100 \times \frac{0,184 - 0}{0,77 - 0} \\ \% \text{ perlita} &= 100 \times 0,24 \\ \% \text{ perlita} &= 24 \% \end{aligned}$$

Observa-se que o resultado obtido foi bastante similar ao dado através da análise química, o que torna viável a utilização do software ImageJ, para análise de percentual de fases, na ausência de resultado de análise química.

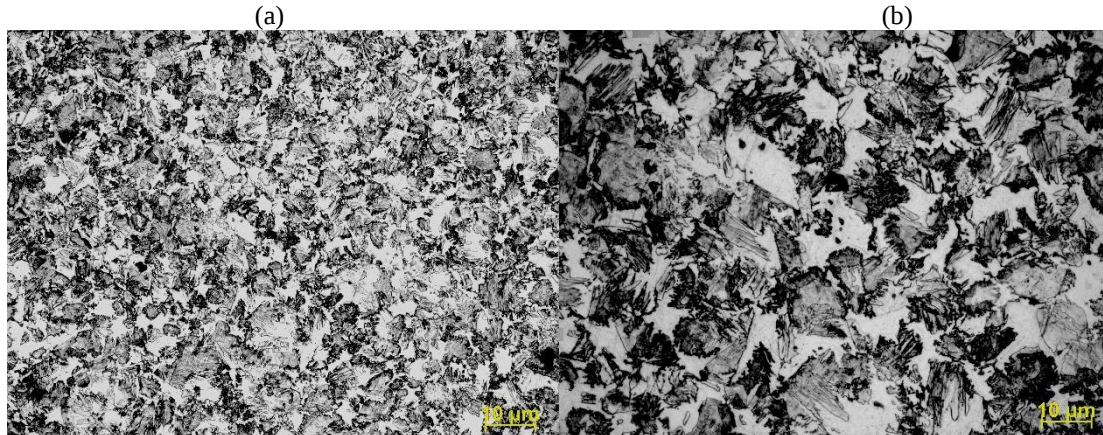
O resultado obtido para percentual de ferrita foi:

$$\begin{aligned} \% \text{ ferrita} &= 100 \times \frac{0,77 - 0,184}{0,77 - 0} \\ \% \text{ ferrita} &= 100 \times 0,76 \\ \% \text{ ferrita} &= 76 \% \end{aligned}$$

Portanto, o aço 1022, com carbono inicial de 0,184%, apresenta, aproximadamente, 24% de perlita e 76% de ferrita. A Figura 4 apresenta as micrografias do aço 1022 após a têmpera. Pode-se observar uma microestrutura composta por martensita em forma de ripas, forma esta que é originada devido ao baixo teor de carbono e ferrita, uma vez que o aço foi temperado com temperatura acima da linha A1 e, com esta temperatura, os grãos de ferrita não sofrem alteração, pois já estavam presentes acima desta temperatura. De acordo com Chiaverini (2008), para se obter uma microestrutura

composta exclusivamente por martensita, “deve-se elevar sua temperatura acima da linha A3, pois então sua estrutura consistiria exclusivamente de austenita que se transformará em martensita no resfriamento rápido”.

Figura 4 - Micrografias do aço 1022 temperado com ataque químico Nital 2% - (a) 20X e (b) 50X.

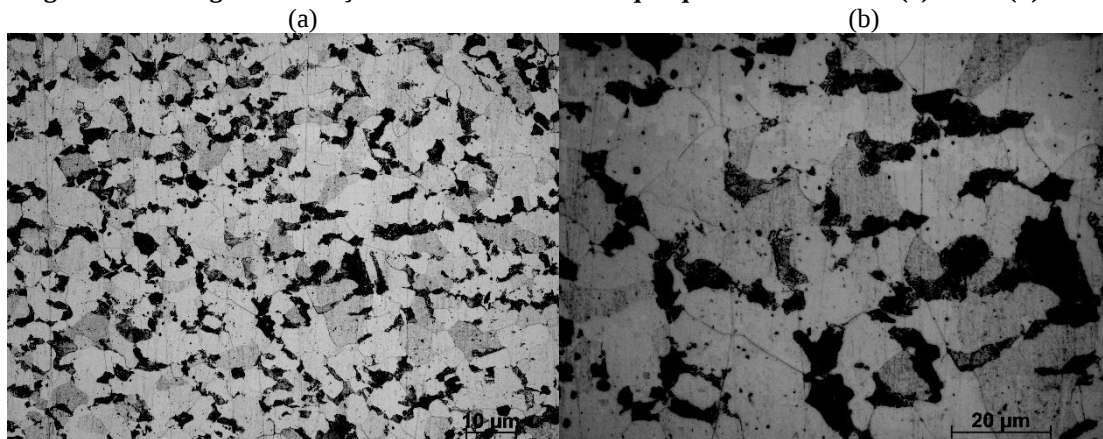


Fonte: Própria, 2017.

Fonte: Própria, 2017.

Nas condições do tratamento de recozimento pleno realizado, o resultado microestrutural é a perlita grosseira, que é a microestrutura ideal para melhorar a usinabilidade dos aços de baixo e médio teor de carbono. Na Figura 5, pode-se observar que os constituintes estruturais que foram resultados do recozimento pleno foram a perlita grossa e a ferrita. Pode-se observar o ajuste do tamanho dos grãos e microestrutura definida, regularizando a textura bruta.

Figura 5 - Micrografias do aço 1022 recozido com ataque químico Nital 2% - (a) 20X e (b) 50X.

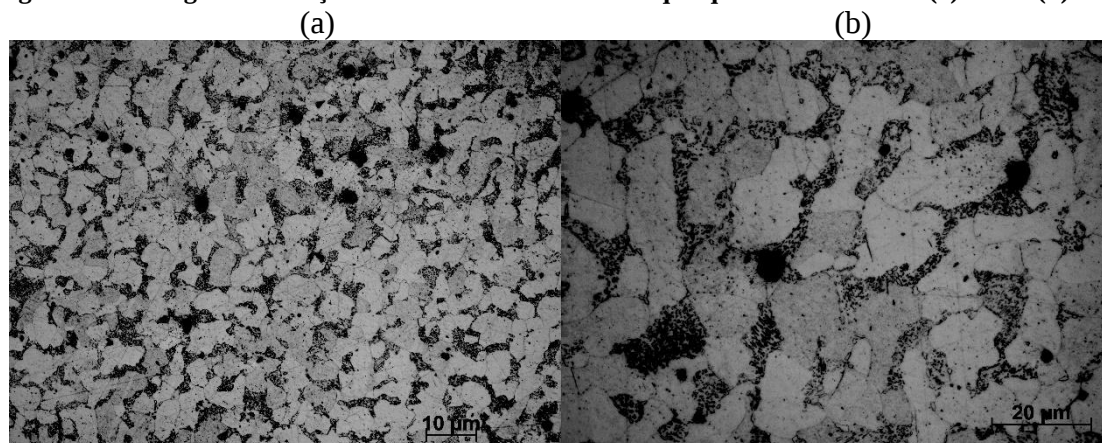


Fonte: Própria, 2017.

Fonte: Própria, 2017.

A microestrutura resultante do tratamento de esferoidização é uma matriz de ferrita com glóbulos de carbeto(cementita esferoidal). A Figura 6 apresenta a micrografia da estrutura, porém não é possível observar os glóbulos devido à baixa ampliação na imagem (a), contudo na imagem (b) é capaz notar uma pequena formação dos glóbulos, ao reparar as cementitas como se fossem pontos dispersos. Esse nível de efeito pode ser explicado pelo baixo teor de carbono existente no material, visto que esse tratamento é indicado para materiais com um nível de carbono superior.

Figura 6 - Micrografias do aço 1022 esferoidizado com ataque químico Nital 2% - (a) 20X e (b) 50X.



Fonte: Própria, 2017.

Fonte: Própria, 2017.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com esse trabalho e as pesquisas que contribuíram na formação do mesmo, podemos confirmar com os predizeres teóricos as diferentes transformações microscópicas para o seu material ao aplicar diferentes tratamentos térmicos. Onde ao trabalhar e controlar essas condições específicas, pode-se ter um melhor aproveitamento do material em determinado uso, pois as temperas tendem a elevar o nível de dureza do material pela presença de fases martensíticas. E ao se dispor do uso de recozimento quando pretende-se remover tensões internas do material e ou reduzir o nível de dureza do material para melhorar sua usinabilidade, e esferoidização quando se faz necessário a utilização de um material mais dúctil, indicado para aços de elevada dureza e alto nível de carbono, no qual as formações dos glóbulos os tornam mais dúcteis.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aços Carbono e Ligados para Construção Mecânica - Designação e Composição Química, NBR NM 87/2000. Rio de Janeiro, 2000, 19 p. Disponível em: <<https://www.abntcolecao.com.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- _____. Materiais metálicos – Ensaio de dureza Brinell, NBR NM ISO 6506-1/2010. Rio de Janeiro, 2010, 18 p. Disponível em: <<https://www.abntcolecao.com.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- AZEVEDO, A. G. L. De. Avaliação da técnica da dupla camada na recuperação de peças de aço ABNT 1045. 2002, 108 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/2498>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- BUERGER, G. R. et al. Estudo do tratamento térmico sobre a conformação do aço 1045. [2009 – 2012]. 13 p. Trabalho da disciplina de Processos de fabricação - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAaVhUAC/analise-tratamento-termico-sobre-aco-sae-1045>>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 2008. 599 p.
- COLPAERT, P. H. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1974. 412 p.
- INTERLOY. Engineering Steels and Alloys. 1022 Carbon Steel Bar. 3p. Disponível em: <<http://www.interlloy.com.au/our-products/carbon-steels/1022-carbon-steel-bar/>>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- LIMA, C. C. et al. Evolução microestrutural da cinética de austenitização do aço 1045. VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Tocantins. 2012, 8 p. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/schedConf/presentations>>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- LIMA, C. R. P. De. Introdução à metalografia dos aços carbono. Apostila da disciplina de Laboratório dos Ensaios de Materiais. UNICAMP – Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2005. Disponível em: <https://aprender.ead.unb.br/pluginfile.php/324483/mod_resource/content/1/acos%20carbono%20metalografia%20es333.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- OLIVEIRA, N. de P. Propriedades mecânicas de um aço de baixo carbono com estrutura ferrita acicular. 2007. 108 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/97085>>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- PEREIRA, J. A.; PEROZZI, M. R. Tratamento Térmico. Relatório da disciplina do curso Técnico em Mecânica. Centro Federal de Educação Tecnológico de São Paulo, Sertãozinho, 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAXiAAB/tratamento-termico>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

- ROCHA, M. R. da. Aço ABNT 1045 esferoidizado: estudo da cinética de coalescimento e correlações entre microestruturas e propriedades mecânicas. 2001. 114 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30360715.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- RODRIGUES, L. M. et al. Estudo da microestrutura e da microdureza dos aços 1020 e 1060. Cadernos UniFOA, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 39-44, dez. 2014. Especial Mestrado em Materiais. Disponível em: <<http://web.unifoa.edu.br/revistas/index.php/cadernos/issue/view/11>>. Acesso em: 23 jun. 2017.
- SILVA, A. L. V. da C; MEI, P. R. Aços e ligas especiais. 3 ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. 664 p.
- SPECTRU INSTRUMENTAL CIENTÍFICO. Tratamento Térmico dos aços: Recozimento, Normalização, Têmpera e Revenido. Disponível em: <www.spectru.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- SPECTRU INSTRUMENTAL CIENTÍFICO. Tratamento Térmico dos aços: Recozimento, Normalização, Têmpera e Revenido. Disponível em: <www.spectru.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- SPOHR, J. R. F. Caracterização microestrutural de diferentes materiais unidos através do processo de soldagem capacitiva. 2015. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2015. Disponível em: <<http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2015/JoaoRenatoFronzaSpohr.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- TSCIPTSCHIN, A. P. Tratamento térmico dos aços. [2007 – 2012]. 51 p. Disponível em: <<http://www.pmt.usp.br/pmt2402/TRATAMENTO%20T%C3%89RMICO%20DE%20A%C3%87OS.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- SOARES, Evaldo Julio Ferreira et al. Tratamento superficial a laser dos aços AISI 1045 e AISI 4340: transformações microestruturais e propriedades. 2005.
- FERMAC, Tratamento Térmico. Disponível em: <<http://tratamentotermico.com/tempera.html>>. Acesso em: 23 de junho. 2017.

5. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os trabalhos escritos em português ou espanhol devem incluir (após direitos autorais) título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras chave, traduzidos para o inglês e a declaração a seguir, devidamente adaptada para o número de autores.

Os autores Marcus Vinicius Badaró de Oliveira Ribeiro, Isa Moreira da Silva Santos, Aline Barbara Santos do Amaral são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EVALUATION OF THE EFFECTS OF HEAT TREATMENT ON MICROSTRUCTURE STEEL AISI 1022

Aline Barbara Santos do Amaral, aline.b.amaral@outlook.com¹

Marcus Vinicius Badaró de Oliveira Ribeiro, marcus.vinicius.badaro@gmail.com¹

Isa Moreira da Silva Santos, isamoreira@outlook.com.br¹

¹SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845 – Piatã. 41650-010 Salvador – BA – Brazil

Abstract. *The necessity to obtain more efficiency with metallic materials in their applications, as wear resistance, hardness, malleability and ductility are necessary to use assertive methods to acquire such properties, heat treatment are one of that methods. In function of evaluation of characteristics of some heat treatment, this research wants to evaluate quenching process, annealing process and spheroidize heat process, by chemical analysis to indentify the steel, metallography to analysis and confirmation of the microstructures in treated material for each heat treatment methods. Getting satisfactory and consistent results of the behavior of the material.*

Keywords: *heat treatment, AISI1022, quenching process, annealing process, spheroidize heat process, microstructure, metallography.*