



Estudo comparativo da microestrutura e microdureza dos aços H13, P20 e D6

Klebson Garcia dos Santos¹, Gabriel de Souza Carril², Rebecca Freire de Castro³, Bruno Melo de Freitas⁴, Felipe Lima da Silva⁵

Submetido 11/06/2017 – Aceito 12/06/2017 – Publicado on-line 15/06/2017

Resumo

Os aços ferramenta D6, H13 e P20 são muito utilizados na indústria, logo eles têm grande importância e uma gama de aplicações. D6 cortes de chapas, H13 ferramentas para produção de porcas, parafusos, rebites e pinos, e o P20 para moldes plásticos. O objetivo deste trabalho é fazer o comparativo da microestrutura e microdureza dos aços entre si para verificar suas vantagens e desvantagens desses aços ferramenta na sua aplicabilidade. Para esse estudo foram utilizados quatro corpos de prova. Foi feito um ensaio em laboratório de metalografia onde foi feito a microscopia para visualizar suas respectivas estruturas e a microdureza no microdurômetro com carga de 0,5 kgf. Comprovou-se que nas imagens de micrografia que foram revelados através da microscopia foram os contornos de grãos da liga, entre um grão e outro se encontra os interstícios onde se encontra o carbono. No aço D6 foi possível identificar a presença de Cementita (Carboneto de ferro Fe₃C), perlita e ferrita. No aço H13 observaram-se contornos de grãos de ferrita, perlita e cementita. O Aço P20 apresenta grandes grãos de perlita e ferrita. A influência dos elementos de ligas no aço é a de torná-lo mais resistente ou não a tração, aumento da dureza, melhora na sua tenacidade e maleabilidade, essas são as principais características que os ligantes podem conferir ao aço, fazendo dele um ótimo material para projetos de construções civis e máquinas.

PALAVRAS-CHAVES: aços ferramenta, dureza, liga, microscopia.

Comparative study of microstructure and microhardness of H13, P20 and D6 steels. The D6, H13 and P20 tool steels are widely used in the industry, so they have great importance and a range of applications. D6 cuts of plates, H13 tools for production of nuts, bolts, rivets and pins, and the P20 for plastic molds. The objective of this work is to compare the microstructure and microhardness of the steels with each other to verify their advantages and disadvantages of these tool steels in their applicability. Four test specimens were used for this study. A metallography laboratory test was performed where microscopy was done to visualize their respective structures and microhardness at the microdurometer with a load of 0.5 kgf. It was verified that in the micrograph images that were revealed through the microscopy were the grain boundaries of the alloy, between grains and another one is the interstices where the carbon is found. In the D6 steel it was possible to identify the presence of Cementita (Fe₃C iron carbide), perlite and ferrite. In the H13 steel, grain contours of ferrite, perlite and cementite were observed. P20 Steel presents large grains of perlite and ferrite. The influence of the elements of alloys on the steel is to make it more resistant or not the

¹ Graduando do curso de Engenharia Mecânica, Unidade 9, UNINORTE, rua Leonardo Malcher, 715, Centro, Email: klebson_garcia@hotmail.com

² Graduando do curso de Engenharia Mecânica, Unidade 9, UNINORTE

³ Professora Dra. Da Unidade 9, UNINORTE, Engenharia mecânica Email correspondência: Rebecca.castro@uninorte.com.br

⁴ Professor da UEA da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil

⁵ Graduando do curso de engenharia mecânica UEA da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil.

traction, increase of the hardness, improvement in its tenacity and malleability, these are the main characteristics that the ligantes can confer to the steel, making of him a great material For civil construction projects and machinery.

Keywords: Tool steel, hardness, alloy, microscopy

INTRODUÇÃO

Os aços ferramentas têm uma vasta gama de aplicações, podendo ser utilizado em todos os setores da indústria naval, automobilística, civil, elétrica e etc. Empregado no campo e na cidade, restaurantes, hospitais, laboratórios, e nas casas das pessoas. Suas propriedades de alta resistência e a capacidade de resistir à deformação a altas temperaturas são um dos grandes fatores para que o aço seja sem dúvida o material mais presente em nosso cotidiano (FELÍCIO, 2012).

Geralmente os aços têm suas propriedades alteradas com a presença de elementos químicos em solução sólida. Sua resistência aumenta como aumenta também a dureza mecânica, porém, perde-se em ductilidade e tenacidade. Se por acaso a quantidade do elemento de liga acrescentado pelo carbono for superior ao ferro, se formarão carbonetos. Se houver a presença de nitrogênio poderá ser formado o carbonitreto. Os principais criadores de carbonitretos e carbonetos no aço são cromo, molibdênio, vanádio, tungstênio, tântalo e nióbio. O nióbio é um bom formador de carbonitreto que se encontra no contorno de grão e aumenta a resistência do aço. Dependendo do tamanho e grau de dispersão das inclusões, elas podem melhorar ou piorar as propriedades do aço. Inclusões finas dispersas impedem o crescimento de grão ao reaquecer o aço ou, dificultam a movimentação de deslocamentos na deformação, aumentando sua resistência. Inclusões grossas funcionam como ponto de fragilidade no aço o deixando com uma baixa resistência (DINIZ, 2005). Este estudo é realizado pelo sistema de liga binária ferro-carbono que classifica em fases este sistema e é possível observar o desenvolvimento de várias possíveis microestruturas. Pode-se classificar as fases como:

A ferrita é o ferro puro ou aços que contenham teores de carbono abaixo do limite de solubilidade da cementita na fase

CCC (Cúbica de Corpo Centrado), são essencialmente monofásicos contendo apenas a fase CCC. Alguns elementos quando dissolvidos no ferro tendem a estabilizar a estrutura CCC em relação à estrutura CFC (Cúbica de Face Centrada), por exemplo, o Cromo. Em geral isto ocorre com elementos que puros, apresentam a estrutura CCC, embora não sejam os únicos. Os principais estabilizadores da ferrita são: silício, cromo, fósforo, molibdênio, vanádio, titânio, nióbio, e alumínio (CALISTER, 1991).

A Cementita começa a aparecer na estrutura do aço, quando a solubilidade do carbono na ferrita é excedida. Aços para conformação de baixo teor de carbono normalmente apresentam a cementita distribuída ao longo do produto, como uma segunda fase dispersa. Nestes aços é importante que os tratamentos térmicos realizados favoreçam o máximo para a precipitação da cementita, para que o carbono seja removido de solução tanto quanto possível para garantir uma boa formalidade. Durante o tratamento térmico, as partículas de cementita crescem pela difusão de carbono nos núcleos que nos mesmos nucleiam nas heterogeneidades estruturais. A concentração de carbono na cementita é tão elevada que é preciso que ocorra movimentação significativa de carbono no aço, para que a cementita se forme e cresça (COPAERT, 2008).

A perlita é mais dura e resistente que a ferrita, porém mais branda e maleável que a cementita. Apresenta-se em forma laminar, reticular e globular. Formada por uma mistura eutetóide de duas fases, ferrita e cementita, produzida a 723 °C quando a composição é de 0,8 %. Sua estrutura está constituída por lâminas alternadas de ferrita e cementita, sendo a espessura das lâminas de ferrita superior ao das de cementita, estas últimas ficam em relevo depois do ataque com ácido nítrico (CALISTER, 1991).

A Austenita é uma solução sólida de carbono em ferro gama. Somente é estável



as temperaturas superiores a 723 °C, desdobrando-se por reação eutetóide, a temperaturas inferiores, em ferrita e cementita. Somente pode aparecer austenita a temperatura ambiente nos aços austeníticos, nesse caso, a austenita é estável a temperatura ambiente. É deformável como o ferro gama, pouco dura, apresenta grande resistência ao desgaste, é magnética, e é o constituinte mais denso dos aços e não é atacada por reagentes (COPAERT,2008).

A Bainita é o constituinte que se obtém na transformação isotérmica da austenita quando a temperatura do banho de resfriamento é de 250 a 500 °C. Apresenta 2 tipos de estrutura: a bainita superior de aspecto arborescente formada a 500 – 580 °C, composta por uma matriz ferrítica contendo carbonetos e a bainita inferior, formada a 250 – 400 °C, tem um aspecto similar a martensita e está constituída por agulhas alargadas de ferrita que contém placas finas de carboneto. A bainita tem dureza que vai de 40 a 60 HRC (CALISTER, 1991).

A Sorbita é obtida com um revenimento depois da têmpera. Ao realizar o aquecimento a martensita experimenta uma série de transformações e no intervalo compreendido entre 400 e 650 °C a antiga martensita perdeu tanto carbono, que se converteu em ferrita. A estrutura aí obtida é conhecida como sorbita (COPAERT,2008).

A Martensita é uma solução sólida, intersticial, supersaturada de carbono em ferro alfa. É o constituinte estrutural da têmpera dos aços e sua microestrutura apresenta-se na forma de agulhas cruzadas. Os átomos de ferro estão como na ferrita, nos vértices. Os átomos de carbono estão nas faces e nas arestas, apresenta por isso uma rede distorcida. Esta distorção da rede é a responsável pela dureza da martensita. Apresenta uma rede tetragonal. Suas características mecânicas são resistência à tração entre 170 – 250 kg/mm², dureza HRC entre 50–60, alongamento de 0,5 % e é magnética (COPAERT,2008).

Segundo Rodrigues (2014), o uso do microscópio visa à determinação de seus constituintes, sua textura e fase, por meio de análises realizadas em superfícies polidas e, em geral, atacadas por um reativo

adequado, no nosso caso, Nital 3%. Isso possibilita a visualização da textura microscópica do material e seus constituintes, colocando em evidência os diversos grãos de que é formado, com suas respectivas fases das estruturas resultantes.

Dependendo do tamanho e grau de dispersão das inclusões, elas podem melhorar ou piorar as propriedades do aço. Inclusões finas dispersas impedem o crescimento de grão ao reaquecer o aço ou, dificultam a movimentação de deslocamentos na deformação, aumentando sua resistência, Inclusões grossas funcionam como ponto de fragilidade no aço o deixando com uma baixa resistência (DINIZ, 2005).

Já as características das propriedades mecânicas são avaliadas aplicando os ensaios de dureza em Vickers, onde a carga do ensaio é aplicada em etapas, onde, inicialmente se aplica uma pré-carga, para garantir um contato firme entre o penetrador e o material ensaiado, e depois aplica-se a carga do ensaio propriamente dita (DA SILVA et al. 2016). A dureza é uma propriedade importante, pois com ela é possível estimar outras propriedades mecânicas, como o limite de resistência a tração (COLPAERT, 2008).

Para obter maior dureza e modificar as estruturas existe um processo chamado tratamento térmico. É o processo em que se altera as propriedades físicas e mecânicas dos materiais (sem mudar a sua forma), através da aplicação de ciclos térmicos aquecendo e resfriando, onde a temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento, esses parâmetros são controlados para esse fim. Os processos de produção nem sempre fornecem os materiais de construção nas condições desejadas. As tensões que originam nos processos de fundição, conformação, mecânica e mesmo na usinagem criam certos problemas de distorções e empenamentos, e as estruturas resultantes frequente não são mais adequadas, afetando, em consequência no sentido negativo, as propriedades mecânicas dos materiais. Por esses motivos, há necessidade de submeter as peças metálicas, antes de serem definitivamente colocadas em serviços, determinado tratamento que

objetivem eliminar ou minimizar aqueles inconvenientes (PRATES, 2011).

Segundo Rohde (2010), outra etapa da análise é a metalografia que é um processo no qual é observado o material que forma a peça, sua composição, propriedade, estrutura, aplicação, etc. Então, podem-se avaliar os diferentes tipos de aços. Assim, para este estudo foram selecionados os aços H13, P20 e D6, com diferentes tratamentos térmicos de fábrica e avaliou-se a microestrutura e a microdureza Vickers que por comparação entre si pode-se comprovar suas vantagens e desvantagens em cada aplicabilidade, para redução de custo, tempo, aumento de eficiência, durabilidade e outros benefícios (DE PAULA, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Os aços seguem uma codificação e classificação segundo as normas ABNT/SAE/AISI/ASTM. Primeiramente foram selecionados os aços: D6 ((ABNT, AISI), 1.2436 (DIN), 2312 (SIS)) de composição química: C = 2,10 %; Si = 0,25 %, Mn = 0,30 % Cr = 11,5 %; W = 0,70 %; P20 ((ABNT, AISI), 1.2330 (DIN), 2234 (SIS)) de composição química: C = 0,38 %; Si = 0,30 %, Mn = 1,50 % Cr = 2,0 %; Mo = 0,20% Ni = 1,10 %) e H13 ((ABNT, AISI), 1.2344 (DIN), 2242 (SIS)) de composição química: C = 0,39 %; Si = 1,10 %, Mn = 0,40 % Cr = 5,20 %; Mo = 1,40 %, V = 0,54 %; seguindo as normas/similares AISI D6, ABNT D6, VC131, AISI P20 e AISI H13, cores de identificação Azul – Amarelo – Vermelho. As técnicas utilizadas para a preparação metalográfica seguiram os processos normatizados pela ASTM E 3-10 (GRUPIONE, 2012) de seccionamento, embutimento, lixamento, polimento e foram realizados no Laboratório de Metalografia da UEA.

Após o embutimento, as amostras foram identificadas e submetidas ao processo de lixamento, utilizando-se uma Politriz Lixadeira Metalográfica Arotec e lixas de carbetto de silício com sete granulações distintas. Em seguida, através de um Microscópio Óptico, verificou-se que a superfície não apresentava arranhões e foram comparadas com um quadro de

inclusões para avaliação da superfície lixada, sendo realizado posteriormente o ataque químico. Esse ataque foi feito com o NITAL 3% (3% Acido nítrico e 97% álcool elítico), revelando os grãos e a estruturas dos corpos de provas analisados.

A análise metalográfica foi realizada em microscópio óptico (OLYMPUS CX31), com aumento de 100 e 1000 vezes. Nas figuras 01, 02 e 03, tem-se a micrografia da estrutura da referência, com aumentos de 100 e 1000 vezes, respectivamente. Na verificação da microdureza o equipamento utilizado foi o Durômetro de Bancada para Dureza Rockwell Normal Pré-carga de 0,5 kgf. Foram tomados varios pontos na vertical e na horizontal equidistantes 1 mm entre si por corpo de ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Feito a análise da micrografia da amostra de referência pode-se verificar na figura 1 que a microestrutura granular do aço e seus microconstituintes. Notou-se que a quantidade de carbono é compatível com o material. Na imagem (a) pode-se visualizar contornos de ferrita (1) e presença de matriz martensítica (2) com carbonetos secundários dispersos na matriz (3) o que confirma sua alta resistência à oxidação em meio atmosférico, sem diminuição significativa de dureza (até 500°C).

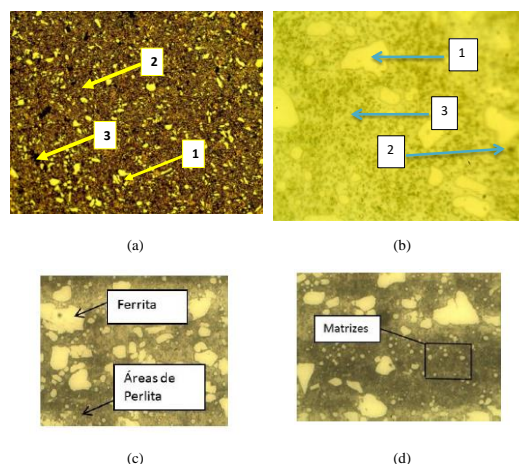


Figura 1: Micrografia da amostra do aço D6: (a) 100x e (b) 1000x, com nital 3%; (c) e (d) Amostra de referência da literatura (DA SILVA et al., 2016).

Na imagem (a) a matriz é martensita as partículas escuras são sulfetos de manganês o que também pode ser observado na imagem (b) com ampliação de 1000x (Figura 2). A presença de manganês na forma de sulfeto aumenta a temperabilidade, a soldabilidade e o limite de resistência à tração, como diminuição insignificante na tenacidade.

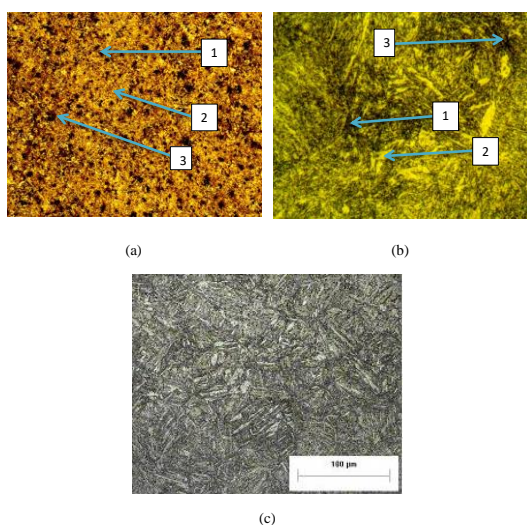


Figura 2: Micrografia da amostra do aço P20: (a) 100x e (b) 1000x, com nital 3%; (c) Amostra de referência da literatura (CORAZZA, 2012).

A microestrutura da amostra do aço H13 pode ser visto na Figura 3. A matriz é martensita (ocorre escurecimento com o revenimento) e nota-se claramente grande parte dos carbonetos secundários.

Na imagem (a) tem-se a presença de Perlita (1), matriz ferrítica (2) com a presença de carbonetos (3). Na imagem (b) observa-se a presença de Perlita e ferrita com aumento de 1000x e (c) a imagem, segundo Gabardo (2008), apresenta uma matriz ferrítica de baixa dureza, na qual está presente uma quantidade considerável de carbonetos secundários esferoidizados (pequenas partículas de coloração cinza, espalhados por todo o material).

A dureza da superfície foi de aproximadamente 403,5 para o aço P20; 212,8 para o H13 e 242,7 para o aço D6. Confirmando que o P20 apresentou maior dureza. Já a análise da dureza aplicada ao centro obteve-se 346,9 para o aço P20; 252,4 para o H13 e 240,1 para o aço D6. Observou-se que o P20 apresentou maior dureza. Enquanto que o H13 e D6

apresentaram durezas inferiores e próximas entre si (Figura 4).

CONCLUSÃO

Com os resultados das análises micrográficas e de durezas observou-se que os aços apresentam características diferentes quando a composição química o que influencia nas suas características e na dureza conforme suas propriedades desejadas para as suas aplicações no mercado atual.

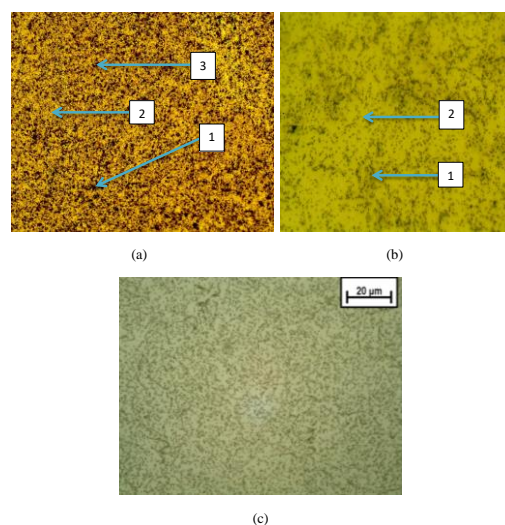


Figura 3: Micrografia da amostra H13: (a) 100x e (b) 1000x, com nital 3%; (c) Amostra de referência da literatura 1000x (GABARDO, 2008).

O aço P20 que apresentou maior dureza é utilizado pelo mercado para moldes plásticos com ação de Ni, apresentando boa polibilidade e usinabilidade, alta tenacidade e temperabilidade, excelentes condições para o processo de eletroerosão e texturização. Devido a adição do Ni a sua composição química, pode ser utilizado para fabricar moldes, porta moldes e componentes mecânicos de grandes dimensões, utilizados na transformação de plásticos com garantia total quanto a temperabilidade.

O aço H13 que apresentou a segunda dureza por comparação aos outros aços analisados o que justifica sua elevada resistência para trabalho a quente, apresentando excelente resistência mecânica a quente, alta resistência ao desgaste, boa tenacidade e resistência a trincas térmicas. Apresenta propriedades

isotrópicas em ambas as qualidades, devido a seus processos de tratamento térmico e forjamento especiais. Ideal para matrizes, insertos, punções de forjamento, facas e navalhas para cisalhamento a quente, contenedores utilizados em extrusão, moldes para indústria do plástico e vidros. Devido a sua alta versatilidade, é utilizado principalmente no processamento a quente de ligas leves (Al, Zn) em processo de extrusão, fundição sob pressão e forjamento.

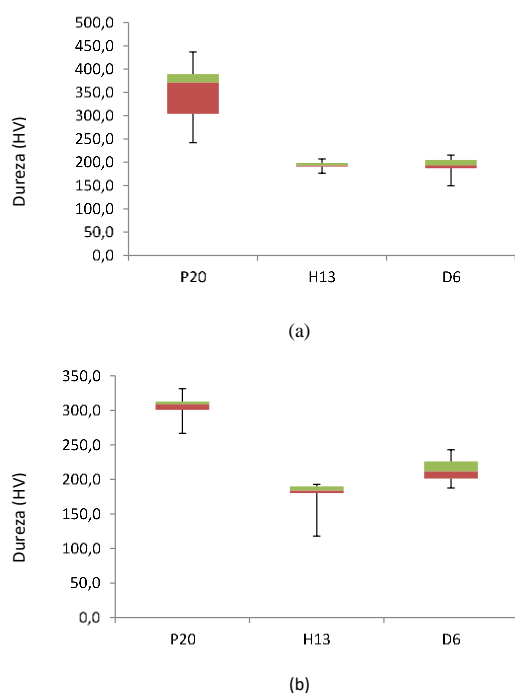


Figura 4 - Valores de dureza Vickers, (a) superfície e (b) centro, para o aço P20, H13 e D6 sob a carga de kgf 0,5.

O aço D6 é o que apresentou menor dureza especial para trabalho a frio ou alto teor de carbono conforme observado na sua metalografia, é recomendado para aplicações de alta durabilidade com baixa manutenção, como ferramentas para estampagem simples e corte de material fino e abrasivo, moldes para cerâmicas, cortes de plásticos abrasivo, etc.

Assim os dados mostraram suas vantagens e desvantagens em cada aplicabilidade, reduzindo-se custo, tempo, aumento de eficiência, durabilidade e outros benefícios. Podendo assim posteriormente ser aplicados outros processos com um maior controle metrológico, podendo-se

trabalhar amostra maiores e de outros tipos de materiais, variar a massa das amostras e suas aplicações

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRNFELD, M. A.; PINTAÚDE, G.; das NEVES, J.C.K. **Effect of carburized steel hardness on the surface roughness and residual stresses after manufacturing operations.** 20th International Congress of Mechanical Engineering. Paraná – UTFPR. 2009.

CALISTER, W. D. **Materials science and engineering An Introduction** William D. Callister, Jr. - John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1991.

COLPAERT, H. **Metalografia de produtos siderúrgicos comuns.** 4º edição, Editora Edgard Blucher Ltda. p. 178, 179, 2008.

CORAZZA, E, J. **Influência do tratamento de nitretação em cavidades de aço P20 de moldes de injeção de termoplásticos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. 112p. 2012.

DA SILVA, R. N. A.; DE FREITAS, B. M.; DE OLIVEIRA, V. C.; KIELING, A. C.; NETO, J. C. M. **Análise comparativa com diferentes tratamentos térmicos no aço VC131.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. 2016.

DE FREITAS, B. M.; DE SOUZA, P. P.; NETO, J. C. M.; TORRES, A. R. **Comparativo da microestrutura e da microdureza no aço 4340 a diferentes tempos de recozimento.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. 2016.

DE PAULA, L. J.; LEITE, M. V., SINATORA, A. **Influência do tempo e temperatura de nitretação a plasma na microestrutura do aço ferramenta ABNT H13,** IX Encontro de Iniciação Científica do LFS, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. 2008.

DINIZ, E. O. **Avaliação da influência do nióbio na microestrutura e propriedades mecânicas da barra chata temperada e revenida para**



aplicação em feixes de mola.

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais, P.20 2005.

GABARDO, J. F. **Estudo da tenacidade do aço ferramenta H13.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, na área de Manufatura. 71 p. 2008.

GRUPIONI, C.V. **Procedimento para a caracterização microestrutural de um aço bifásico (Dual Phase).** VI Conferência Brasileira sobre Temas de Tratamento Térmico, Atibaia, SP, Brasil, 2012.

NAYAK, M.; SEHGAL, R.; SHARMA, R. K. **Mechanical Characterization and Machinability Behavior of Annealed AISI D6 Cold Working Steel.** Hindawi Publishing Corporation Indian Journal of

Materials Science Volume 2015, Article ID 196178, 12 pages, 2015.

PRATES, M. B. **Influência do resfriamento na laminação termomecânica de um aço microligado ao nióbio em fio máquina para a fabricação de parafusos da classe 8.8.** Trabalho de conclusão de curso da universidade federal do rio grande do sul, engenharia de materiais, P.10 2011.

RODRIGUES, L. M.; Dos SANTOS, C. H. R.; VELOSO, R.R.; LEMOS, M.V.; DOS SANTOS, C.; CABRAL, R. F. **Estudo da microestrutura e da microdureza dos aços 1020 e 1060.** Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Faculdade de Tecnologia Campus Regional de Resende – UERJ. 1014.

ROHDE, R. A. **Metalografia preparação de amostras. Uma abordagem pratica** Versão-3.0, LEMM Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais, 2010.