



## TRATAMENTO TÉRMICO EM MATERIAL D6 A FIM DE SE OBTER MATERIAL ENDURECIDO

Raul Sacramento <sup>1</sup>

Wallyson Thomas Alves da Silva <sup>2</sup>

Ricardo Favaro <sup>3</sup>

Marcus Vinicius Begossi <sup>4</sup>

### RESUMO

Na área da mecânica o aço é empregado para diversas utilidades desde uma chaveta a uma engrenagem helicoidal, mas cada um desses exemplos vai suportar um determinado esforço durante o seu trabalho e para que os mesmos aguentem estes esforços sem se romper ou se deformar, é necessário aplicar um determinado tratamento térmico, seja ele um revenimento ou uma têmpera, tudo depende da fase de ferro carbono. Os tratamentos térmicos, não se aplicam na peça por um todo, apenas atinge a superfície, sendo mais claro, o tratamento térmico penetra conforme a quantidade de carbono e o tamanho da peça. Para se chegar à conclusão de qual a dureza que se pode obter em uma peça de aço, deve-se saber qual a sua espessura e quantidade de carbono presente em sua estrutura. O propósito destas instruções será determinar qual a espessura mínima admissível de um aço D6 para que se possa obter uma dureza superficial de 56 HRC após submetida a tempera. A metodologia para obtenção dos resultados será o corte em uma serra automatizada de 3 corpos de provas de espessuras diferentes de D6, aquecimento no forno elétrico e resfriamento em óleo e em água, logo após será medida sua dureza (durômetro) e avaliado qual a espessura máxima que se pode obter uma dureza mínima de 49 HRC.

**Palavras-chave:** Ferro carbono. Durômetro. Tratamento térmico. Espessura máxima.

### 1. REVISÃO TEÓRICA

O aço D6 é um aço para trabalho a frio com elevada fração de carbonetos e elevada dureza após o tratamento térmico. Estas características conferem a este aço uma elevada

---

<sup>1</sup> E-mail: [raul\\_vss@hotmail.com](mailto:raul_vss@hotmail.com)

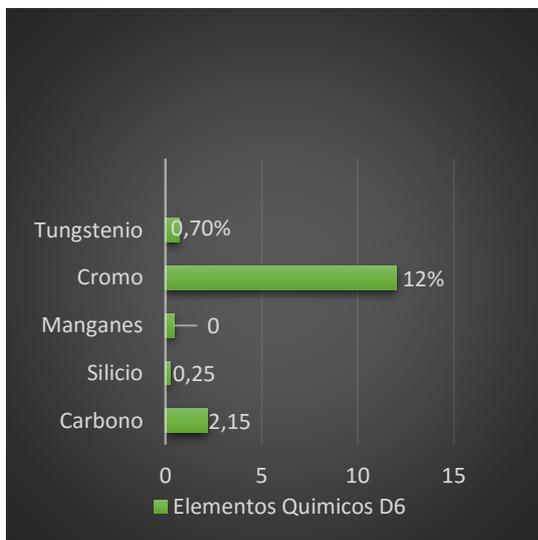
<sup>2</sup> E-mail: [wallyson.silva@sp.senai.br](mailto:wallyson.silva@sp.senai.br)

<sup>3</sup> E-mail: [ricardo.favaro@sp.senai.br](mailto:ricardo.favaro@sp.senai.br)

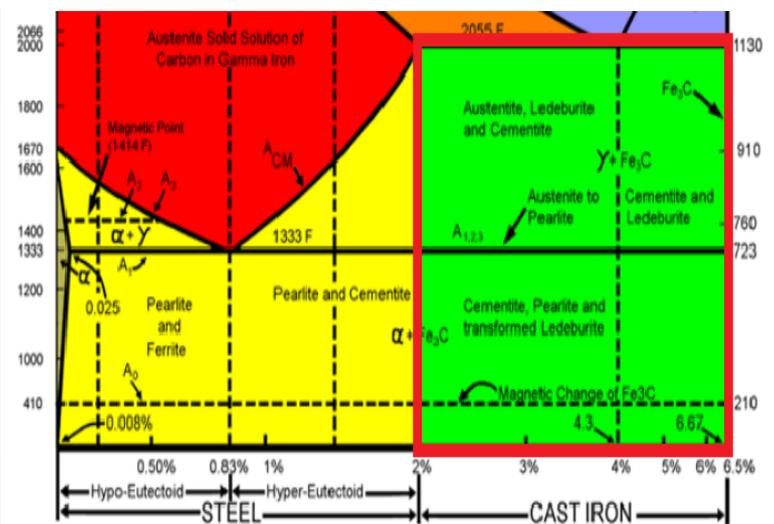
<sup>4</sup> E-mail: [mbegossi@sp.senai.br](mailto:mbegossi@sp.senai.br)

resistência ao desgaste, superior à do D2, (segue abaixo gráfico com sua composição química). Entretanto, este aço é mais frágil que o aço D2. (GGD Metals, 2017).

Sua elevada dureza o torna especialmente adequado para aplicações de severo desgaste como em operações de conformação e corte a frio, em superfícies deslizantes e moldes para materiais cerâmicos. É utilizado em ferramentas de corte como facas, matrizes, punções, tesouras. Em escariadores, mandris, feiras de trefilação, calibres, etc. (GGD Metals, 2017).



**Elementos X Porcentagem** (Gráfico 1)



Tradução: Aço D6 apresenta Cementita e Perlita como carbonetos, a uma temperatura de 400 a 1300° C. (Figura 1)

Têmpera é um processo de tratamento térmico de aços para aumentar a dureza e a resistência dos mesmos. A têmpera tem duas etapas: aquecimento e esfriamento rápido. O aquecimento tem como objetivo obter a organização dos cristais do metal, numa fase chamada austenitização. O esfriamento brusco visa obter a estrutura martensita. Na têmpera o aquecimento é superior à temperatura crítica, que é de 727°C. O objetivo é conduzir o aço a uma fase, na qual se obtém o melhor arranjo possível dos cristais do aço, para obter a futura dureza. Após dessa fase o aço pode ser submetido a outras fases, dependendo das necessidades. A temperatura nessa fase é temperatura de austenitização. Cada aço tem sua composição, a temperatura de varia de aço para aço. A têmpera é obtida em temperaturas diferentes, o que depende da composição do aço da peça e dos seus objetivos. Portanto, a têmpera de uma dada peça leva em consideração muitos fatores.



O próprio tempo de exposição da peça na temperatura de austenização é considerado quando se faz a sua têmpera. Cada aço tem uma temperatura de austenização, e que é aquela que proporciona o máximo de dureza. Essa temperatura é obtida dentro de fornos, os quais podem ser por chama ou por indução elétrica. Dependendo das exigências do cliente, a austenização, e conseqüentemente a têmpera, vai ocorrer apenas na superfície da peça ou em toda ela. A segunda etapa da têmpera é o resfriamento, o qual deve ser brusco, em óleo ou água. A rapidez do resfriamento é importante para impedir que o aço mude para fase diferente daquela que se obteve na temperatura de austenização (obter estrutura martensítica). Quase sempre, após a têmpera, a peça é submetida ao revenimento. (FERMAC, Tratamento Térmico)

Durante o aquecimento para a austenitização deve ser realizado pré-aquecimento para garantir uma homogeneidade de temperatura e minimizar distorções. Pré-aquecer em temperatura próxima de 550°C. Austenitizar em temperatura entre 950 – 970°C. Aquecer por 1 hora para cada 25 mm de espessura e adicionar 1 hora para cada 25 mm adicionais. Resfriar preferencialmente em óleo

Pré-aquecido em torno de 70°C, sob agitação. Também pode ser resfriado em ar calmo. (GGD Metals, 2017)

Um material isotrópico trabalha diretamente com sua deformação plástica e elástica, ou seja, aplica-se a Lei de Hooke. Sendo como exemplo uma mola, quando tracionada até sua região de deformação elástica ela tem a capacidade de retornar ao seu estado neutro, entretanto se for tracionado até seu limite de deformação plástica, ocorrerá sua deformação impedindo que a mesma volte ao seu estado normal. Voltando as aulas de Física Básica, sabemos que energia de deformação elástica (resiliência), inserida juntamente com temperatura, nos permite obter uma deformação maior e com mais ductilidade, ou seja, aumentando seu limite de deformação.

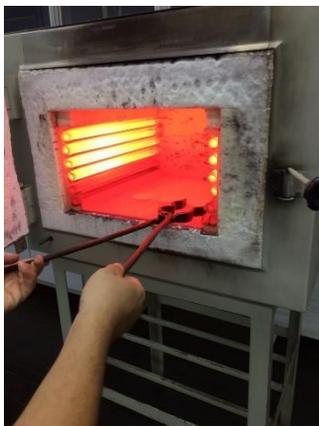
## 2. METODOLOGIA

Os 3 corpos de provas de aço D6 foram submetidos a uma austenização, com uma temperatura controlada de aquecimento de 550° C e temperatura de Têmpera entre 950 e 960°C, por um tempo de 1 hora em um forno elétrico por indução, como podemos ver na tabela 1. Após passar pelo processo de tempera, os mesmos foram resfriados, sendo dois em óleo e um em água, com intuito de acrescentar um coeficiente a mais a pesquisa,

levando em consideração que o tipo de resfriamento influencia na troca de calor que por sua vez influencia na dureza final. Ambos tiveram leve agitação (movimentação) para resfriá-los. Conforme figuras 2 a 4. Os corpos de prova foram removidos de uma barra laminada redonda, cortados em uma máquina de serra de fita com acionamento por came, onde nesta conferimos ao corte do corpo de prova espessuras diferentes em cada unidade.

Pré-aquecimento (minutos)	Pré-aquecimento (°C)	Temperatura (Austenitização)	Tempo de permanência (Horas)	Espessura	Tipo de resfriamento
20'	550	950-960	1	7	Óleo
20'	550	950-960	1	9	Água
20'	550	950-960	1	11	Óleo

Método utilizado para têmpera e resfriamento (Tabela 1)



Remoção dos corpos de prova pós-tempera. (Figura 2)



Resfriamento em água após remoção do forno elétrico á 960°C. (Figura 3)



Resfriamento em óleo após remoção do forno elétrico á 960°C. (Figura 4)

Após o material ser submetido a austenitização e resfriado, foi levado a sala de metalografia da faculdade para serem medidos seus respectivos valores de dureza HRC. A medição foi realizada em uma máquina de medição de dureza HRC e brinell, (LC-200 RB) porém optou-se por obter os valores em Rockwell C, por conta do ensaio brinell não ser o mais adequado ao tipo de material e suas escalas de dureza. As medições foram executadas na face do material como podemos ver na figura 5.



Medição dos resultados de dureza em HR  
máquina LC-200 RB (Figura 5)

### 3. RESULTADOS

Após as medições de dureza, os resultados foram expressos em tabela (tabela 2) onde os dados coletados durante a medição foram inseridos. O modo de resfriamento foi inserido a frente para efeito de comparação, onde poderemos ver que o modo de resfriamento afeta na quantidade de dureza do material. Como podemos ver no gráfico 2, o resultado das medições dos corpos de prova, medição da HRC máxima e mínima. (Gráfico n° de amostras vs. HRC).

Espessura do corpo de prova	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média HRC	Tipo de resfriamento
7	56,96 HRC	60,23 HRC	60,71 HRC	59,3 HRC	Óleo
9	63,84 HRC	62,44 HRC	63,01 HRC	63,09 HRC	Água
11	59,24 HRC	58,73 HRC	61,46 HRC	59,81 HRC	Óleo

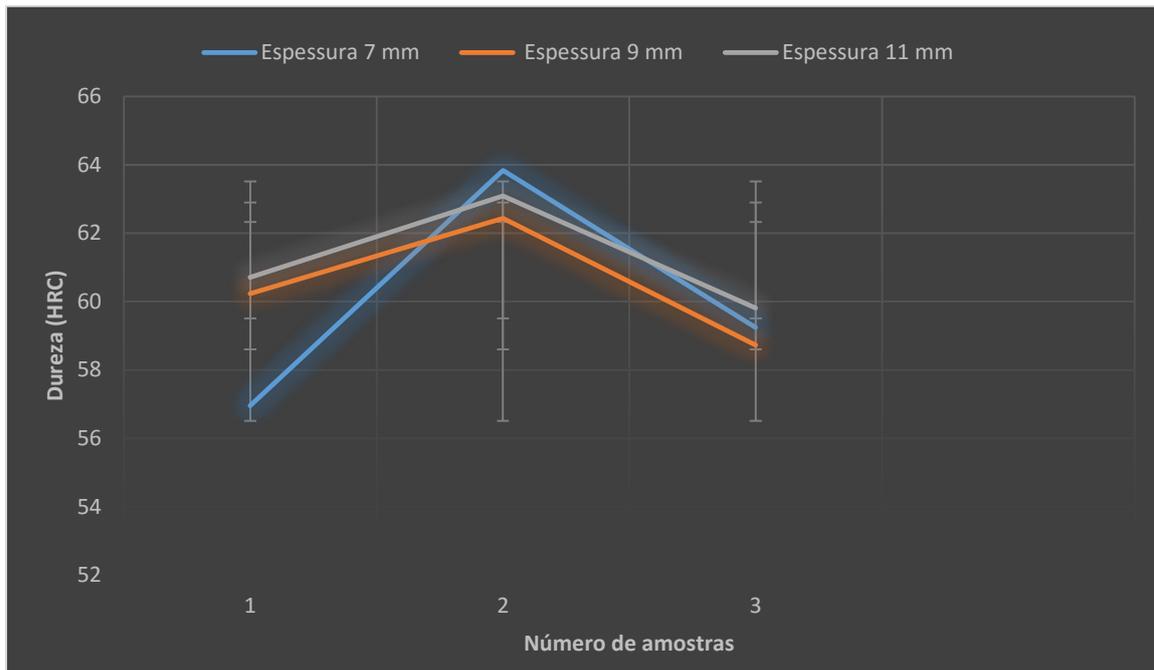


Gráfico número de amostras vs. HRC, para comparação de dureza máxima e mínima (Gráfico 2)

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Obteve-se uma conclusão de que, a espessura do material aço D6, não influenciara na obtenção da dureza necessária, por conta de que a temperabilidade do material se deve ao seu teor de carbono presente em sua composição química. A sua variação de dureza se deve ao resfriamento posterior a austenitização, pelo fato de que quando resfriado em óleo, se obteve uma dureza inferior ao resfriamento em água. Isto é, a troca de calor no óleo, por ter mais viscosidade, se torna um resfriamento moderado dando origem a uma estrutura bainita, enquanto o resfriamento em água por ser considerado um resfriamento rápido dará origem a uma estrutura martensítica, ou seja, a dureza será superior quando resfriado em água.

#### REFERÊNCIAS

H2 – Assessoria e Consultoria

[http://www.h2ac.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=104](http://www.h2ac.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=104)

03/03/2017

Paquímetro Virtual Simulador - Prof. Eduardo J. Stefanelli



<http://www.stefanelli.eng.br/paquimetro-virtual-simulador-milimetro-05/>

26/04/2017

Maquinas Medir Coordenadas - Universidade de Santa Catarina - Joinville

[http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/veriano/materiais/09\\_Maquinamedircoordenadas.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/veriano/materiais/09_Maquinamedircoordenadas.pdf)

26/04/2017

O que é um Paquímetro – Industria Hoje

<http://www.industriahoje.com.br/o-que-e-um-paquimetro>

08/05/2017

Calibração Paquímetro – EBA

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAv5EAJ/calibracao-paquimetro>

07/06/2017

Blocos-Padrão - Soluções Industriais

<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instrumentacao/insize-do-brasil/produtos/instrumentacao/blocos-padrao-individual-de-ceramica>

26/04/2017

Medição em Máquina Tridimensional – Ensaios/Medição

<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Medicao-Em-Maquina..>