

# **INFLUÊNCIA DA SECÇÃO DA PEÇA NA DUREZA DO AÇO ABNT 1045 TRATADO TERMICAMENTE POR TÊMPERA**

*Adauto Junior da Silva<sup>1</sup>*

*Edson Roberto da Silva<sup>2</sup>*

## **RESUMO**

O tratamento térmico por têmpera consiste no processo de resfriamento do aço após ter sido austenitizado a uma velocidade suficientemente rápida para evitar as transformações perlíticas e bainíticas, objetivando uma microestrutura muito dura chamada de martensita. Quanto maior a secção das peças, maiores são as dificuldades de se endurecer esse material por têmpera. O presente estudo tem como objetivo verificar a influência da secção da peça na dureza do aço ABNT 1045 tratado termicamente por têmpera. Para tanto, foram temperados 4 diferentes corpos de prova com variados diâmetros do aço citado, e então as durezas ao longo da secção das peças foram medidas. Percebeu-se que quanto maior a peça tratada, menor sua dureza e que as durezas na superfície dos corpos de prova foram maiores que no seu núcleo.

Palavras-chave: Temperatura. Dureza. Tratamento.

---

<sup>1</sup> Aluno de Graduação, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, 2017. E-mail: controle\_manutencao02@valedoverdao.com.br.

<sup>2</sup> Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, 2017. E-mail: edsonroberto@unirv.edu.br.

## **1 INTRODUÇÃO**

Empregado em várias peças, como eixo de ventiladores, bombas de torres de ventilação e outros, o aço ABNT 1045 é utilizado também na indústria do petróleo, sendo o aço ABNT 1045 um componente sujeito a desgastes e quebras frequentes, devido as condições rigorosas de trabalho. Para que funcionem corretamente, esses aços necessitam de tratamento térmico posterior ao processo de soldagem (AZEVEDO, 2002).

Sabendo-se que o aço ABNT 1045 tem temperabilidade baixa, ou seja, uma baixa penetração de dureza na seção transversal, discute-se a influência no tratamento térmico por têmpera (CHIAVERINI, 1986).

O tratamento térmico por têmpera consiste no processo de resfriamento do aço, após ter sido austenitizado, a uma velocidade suficientemente rápida para evitar as transformações perlíticas e bainíticas da peça. Observa-se que, neste tipo de tratamento é aplicado aos aços uma porcentagem igual ou maior que 0,4% de carbono, sendo que o efeito principal causado é o aumento da dureza (PADILLHA, 1997).

O presente estudo tem como objetivo verificar a influência da secção da peça na dureza do aço ABNT 1045 tratado termicamente por têmpera. Para tanto, diversos corpos de prova com variados diâmetros foram temperados e a sua dureza da periferia para o centro foram medidas.

## **2 TRATAMENTO TÉRMICO**

Define-se como tratamento térmico o conjunto de operações que são compostos do aquecimento e resfriamento dos aços, de maneira controlada, a fim de conferir propriedades e características especiais (COSTA, 2013). Os aços são modificados pelo tratamento térmico, em maior ou menor escala, dependendo das suas propriedades, que dependem da estrutura do aço (CASTRO, 2007).

Para se fazer um tratamento térmico são necessárias três fases: aquecimento, manutenção da temperatura e resfriamento, observando que a principal função do tratamento térmico é para melhorar as propriedades mecânicas do aço (CORREIA, 2013). Dentre os principais objetivos dos tratamentos térmicos, pode-se citar os seguintes (COSTA, 2013 p. 7):

- a) Remoção de tensões internas (oriundas de esfriamento desigual, trabalho mecânico ou outra causa);
- b) Aumento ou diminuição da dureza;
- c) Aumento da resistência mecânica;
- d) Melhora da ductilidade;
- e) Melhora da usinabilidade;
- f) Melhora da resistência ao desgaste;
- g) Melhora das propriedades de corte;
- h) Melhora da resistência à corrosão;
- i) Melhora da resistência ao calor;
- j) Modificação das propriedades elétricas e magnéticas

Segundo Costa (2013), o fato de enumerar os objetivos do tratamento térmico demonstra sua importância e necessidade quanto ao aço. Sabendo-se que quando há a melhora de uma ou mais propriedades num determinado tratamento térmico, há o prejuízo de outras.

Quando se aumenta a ductilidade do aço, conseqüentemente tem-se a queda na dureza e na resistência mecânica. Para que haja esse processo é necessário a escolha de um tratamento térmico adequado para que os inconvenientes sejam minimizados. Para se conseguir verificar a alteração da composição química do aço, é necessário combinar processos de aquecimento e resfriamento realizados em condições ideais (SPECTRU, 2011).

Observa-se que o tratamento térmico é comumente influenciado pela composição química do aço, pelo seu aquecimento, pela atmosfera que o forno apresenta, pelo tempo de permanência a alta temperatura de aquecimento, e pelo meio e velocidade aplicada durante o resfriamento (COSTA, 2013).

### **3 TRATAMENTO TÉRMICO POR TÊMPERA**

O tratamento térmico por têmpera é a obtenção da estrutura martensítica com alta dureza. A composição química, temperatura e o tempo de austenitização são elementos que definem o tipo de estrutura e a dureza no tratamento térmico por têmpera (FREITAS, 2014).

É aplicado aos aços com percentual maior ou igual a 0,4% de carbono, tendo como efeito principal o aumento da dureza do aço (SENAI, 1997). É um importante tratamento já

que possibilita a obtenção de estruturas e propriedades que permitem o emprego do aço em peças de maior responsabilidade e em aplicações mais críticas.

Na maioria das transformações nas estruturas provenientes do processo de tratamento térmico ocorre de uma microestrutura com maior energia para uma de menor energia e o tratamento térmico é o responsável por fornecer esta energia, pois na maioria dos processos estes materiais devem chegar a zona austenítica para sofrerem alguma transformação (CHIAVERINI, 1986).

Com a aplicação da têmpera é possível melhorar algumas propriedades dos materiais, como aumento da resistência mecânica, melhor ductilidade, melhor resistência ao desgaste, melhor resistência ao calor. Porém, com este processo, além dos riscos de não controlar bem as fases da têmpera que são o aquecimento, a manutenção da temperatura e o resfriamento, também torna o material mais frágil devido a sua elevada dureza (CHIAVERINI, 1986).

## **4 FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE TÊMPERA EM AÇO**

Segundo Chiaverini (1986), o processo de tratamento térmico consiste em um ciclo que engloba aquecimento e a temperatura de aquecimento. Os fatores a considerar são os seguintes:

a) Aquecimento: para a alteração da propriedade mecânica é necessário que ocorra o aquecimento do material, pois somente após uma determinada temperatura, geralmente acima da zona de cristalização do material, é que se consegue algum resultado.

b) Temperatura de aquecimento: fator determinante no resultado do tratamento térmico, pois influencia diretamente no tipo de material e propriedades que o material apresentará.

c) Tempo de permanência: este procedimento deve ser acompanhado detalhadamente, pois deve ser o suficiente para que a peça se aqueça de forma uniforme e não se pode exceder o tempo para que não se obtenha resultados indesejáveis, como crescimento exagerado dos grãos e passividade de oxidação.

d) Ambiente de aquecimento: em certas ligas metálicas a atmosfera pode ser prejudicial e é fundamental o controle deste ambiente. Tal procedimento pode ser realizado com água, óleo com variadas viscosidades, ar, vácuo dentre outros.

O diâmetro da amostra, ou seja, sua secção, influencia diretamente no processo de têmpera, pois conforme Callister (1999), durante o tratamento de têmpera é impossível resfriar a amostra a uma taxa uniforme ao longo de toda a sua secção, pois as regiões na superfície irão sempre resfriar mais rapidamente do que as regiões no interior, pois conforme Almeida, a taxa de transferência de calor ocorre sempre do quente para o frio. Desta forma, como o núcleo está mais afastado da zona externa, com menor temperatura, ele resfria mais lentamente.

Outro ponto crucial é relacionado com o tempo de resfriamento do material, pois segundo Callister (1999) a taxa de resfriamento depende da extração térmica, sendo que quanto mais rápido for o resfriamento, mais severa será a têmpera, impactando assim sua passagem pela zona austenítica. Desta maneira, assim como a velocidade de resfriamento impacta na dureza do material, esta mesma dureza está diretamente ligada à produção de martensita. Conforme a Tabela 01, pode-se observar que conforme a secção do eixo aumenta, sua dureza superficial diminui.

**TABELA 1** – Dureza superficial para cilindros de aço temperado com diâmetros diferentes

Diâmetro (pol)	Dureza Superficial (HRC)
0,5	59
1	34
2	30,5
4	29

Fonte: Aduino Junior da Silva, 2017

## 5 AÇO ABNT 1045

O aço ABNT 1045 é um tipo de aço utilizado para beneficiamento, com baixa penetração de dureza na seção transversal, possuindo relação adequada entre as resistências mecânica e de fratura. Esse aço é utilizado geralmente com dureza entre 180 e 300 HB, sendo

utilizado em muitos segmentos como eixos para pinhões, eixos árvores, pinos dentre diversos tipos de aplicação. Deve ser utilizado tratamento térmico de normalização nas grandes seções (AZEVEDO, 2002).

A secção de uma peça influencia bastante nas propriedades mecânicas, podendo ser referência em diversos tipos de ensaios, como o de tração que, conforme Padilha (1997), é um dos ensaios mais utilizados na determinação das propriedades mecânicas da maioria dos materiais. Além deste tipo de ensaio, impacta diretamente nos ensaios de torção, flexão e de impacto.

## **6 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **6.1 MATERIAIS**

Para a realização deste trabalho foram utilizados oito corpos de prova em aço ABNT 1045, sendo dois com diâmetros de  $\frac{1}{2}$ ", dois com diâmetro de 1", dois com diâmetro de  $1\frac{1}{2}$ " e dois com diâmetros de 2", todos com comprimento de 100mm.

Para o tratamento térmico de têmpera das peças foi utilizado um forno elétrico com capacidade de 1200°C, fornecido pelo laboratório de Materiais e Processos de Fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde - UniRV.

Ao término do tratamento de têmpera as peças foram cortadas ao meio por um poli corte da marca IMPORTECNICA, e então suas durezas foram medidas pelo durômetro ROCKWELL HARDESS TESTER, MODEL 200HR-150, SERIAL NO. 014, DATE 2008, ambos do laboratório de Materiais e Processos de Fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UniRV.

### **6.2 MÉTODOS**

Para obtenção dos resultados, inicialmente foi feito o ensaio de dureza em todos os corpos de prova sem tratamento térmico. Em seguida, foram levados ao forno a 900°C, por 30min para o corpo de diâmetro de  $\frac{1}{2}$ ", 60min para o diâmetro de 1", 90min para o diâmetro

de 1 ½” e 120min para o diâmetro de 2”. Ao serem retiradas do forno, as peças foram temperadas em salmoura.

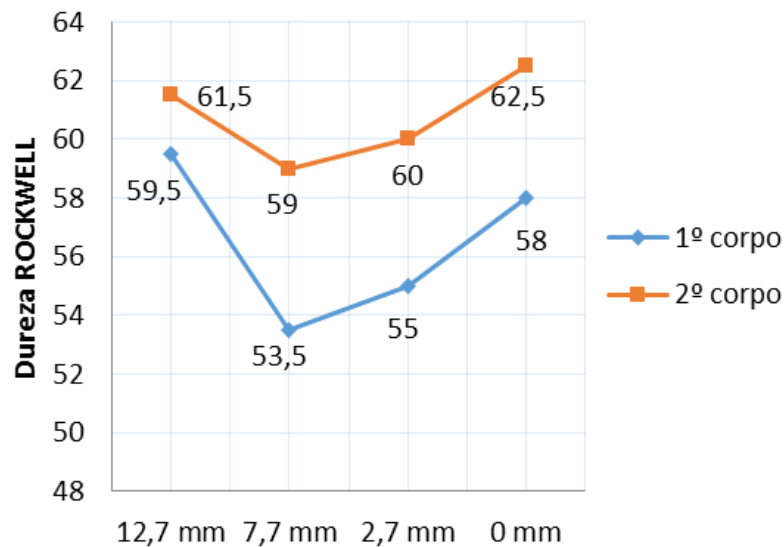
Para verificar o efeito da secção das peças na dureza do aço temperado, os mesmos foram cortados ao meio com o auxílio do poli corte e na face cortada foi realizado o ensaio de dureza. Primeiramente, foi medida a dureza na extremidade de cada peça e então a cada 2,5 mm de distância foi realizado novo teste de dureza para cada peça até atingir o centro das peças.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo ensaio de dureza foram tabelados e podem ser observados separadamente pelas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Na Figura 1, pode ser observado a distribuição das durezas dos dois corpos de prova temperados de ½”, no qual o eixo vertical está representando o valor das durezas e no eixo horizontal os diâmetros em que o ensaio foi realizado, no qual 12,7 mm corresponde a extremidade da peça e 0 mm representa o centro.

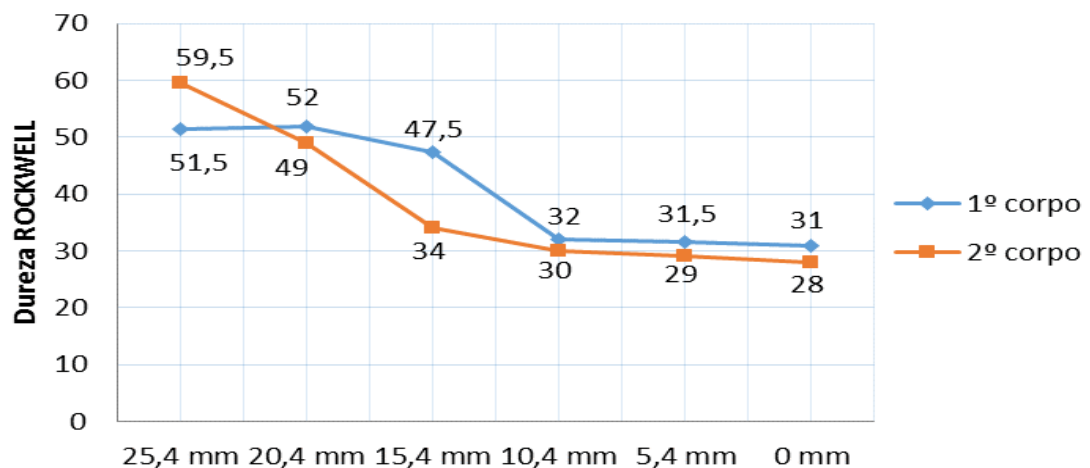
**FIGURA 1** – Distribuição da dureza do corpo de prova de ½”



Ao verificar o resultado dos corpos de prova de  $\frac{1}{2}$ " (FIGURA 1), nota-se que não houve mudança significativa na dureza do material partindo da periferia até o centro da peça. Este fenômeno pode estar associado ao pequeno diâmetro da peça, e provavelmente à velocidade de resfriamento da periferia da peça em relação ao centro não foi significativa, justificando a baixa variação de dureza que foi de 59,5 HRC para 58HRC para o corpo de prova 1 e de 61,5 HRC para 62,5 HRC corpo de prova 2.

A Figura 2 informa a distribuição das durezas dos dois corpos de prova temperados de 1", onde está representado no eixo vertical as durezas e no eixo horizontal os diâmetros em que o ensaio foi realizado, onde 25,4 mm é a extremidade e o 0 mm centro da peça.

**FIGURA 2** – Distribuição da dureza do corpo de prova 1"



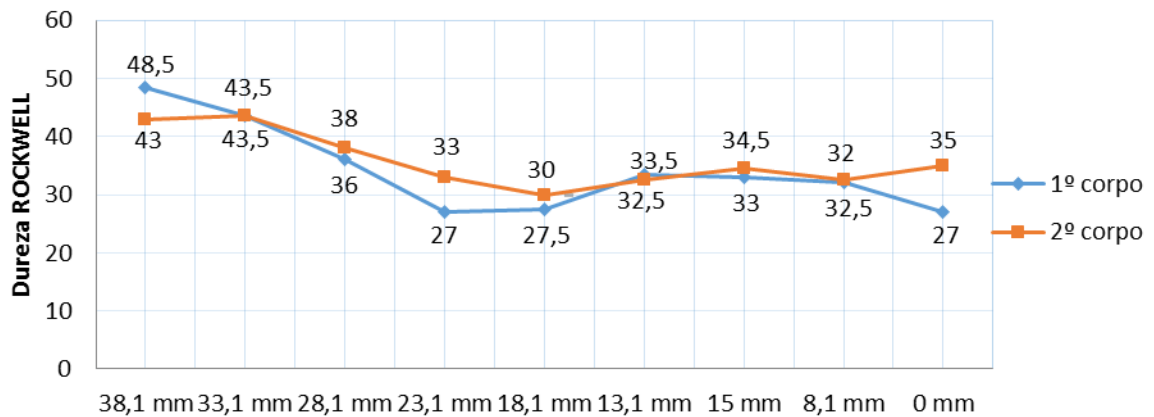
Fonte: Adauto Junior da Silva, 2017.

Analisando a Figura 2, nota-se que os resultados apresentam uma diminuição gradativa da dureza da periferia para o centro em ambos os corpos de prova, observa-se que a dureza de maior expressão foi no corpo de prova 2 de 59,5 HRC e foi caindo gradativamente até 28 HRC, no corpo de prova 1 a dureza foi de 51,5 HRC e foi diminuindo gradativamente até 31 HRC. Neste caso, provavelmente a diferença na velocidade de resfriamento da periferia para o centro foi considerável, justificando a expressiva queda na dureza.

A Figura 3 indica a distribuição das durezas dos dois corpos de prova temperados de  $1 \frac{1}{2}$ ", o eixo horizontal é o diâmetro da peça, o vertical indica a dureza, em que o 0 mm é o centro da peças e 38,1 mm é a sua extremidade.



**FIGURA 3** – Distribuição da dureza do corpo de prova de 1 ½”

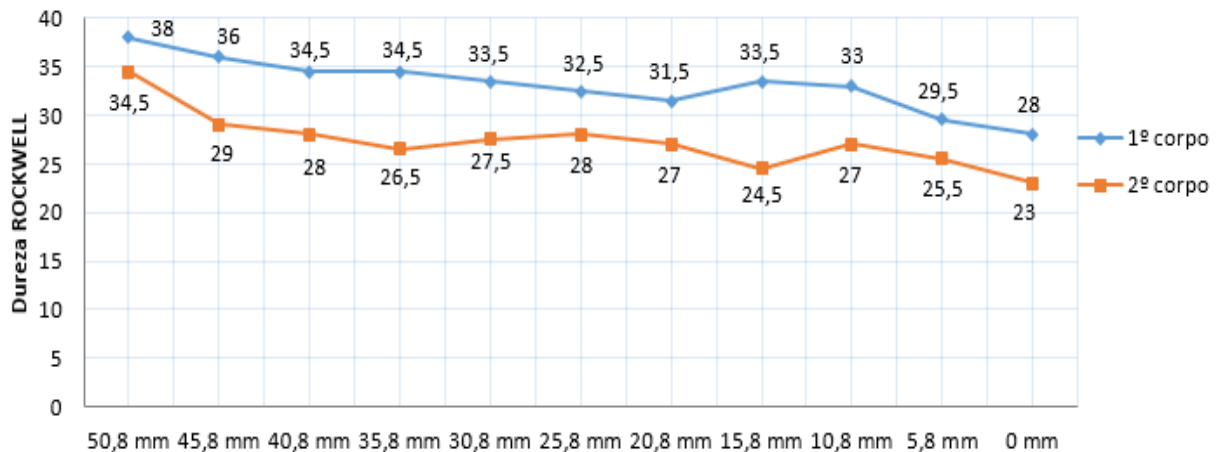


Fonte: Aduino Junior da Silva, 2017.

Observa-se na Figura 3 que ambos os corpos de prova apresentaram uma queda gradativa na dureza. Nota-se que o corpo de prova 1 apresentou uma maior dureza na periferia da peça, que foi de 48,5 HRC e uma queda gradativa até o centro da peça, que foi de 27 HRC. O segundo corpo de prova apresentou uma dureza de 43 HRC na periferia e uma diminuição até o centro do corpo de prova, que foi de 35 HRC. Neste caso, a diferença da velocidade de resfriamento da periferia até o núcleo da peça pode justificar a diferença das durezas.

Na Figura 4 é mostrado os dois corpos de prova temperados de 2”. A distribuição no eixo vertical indica a dureza do material e o eixo horizontal indica o diâmetro da peça, a extremidade se inicia com 50,8 mm e finaliza com o centro do corpo de prova com 0 mm.

**FIGURA 4** – Distribuição da dureza do corpo de prova de 2”

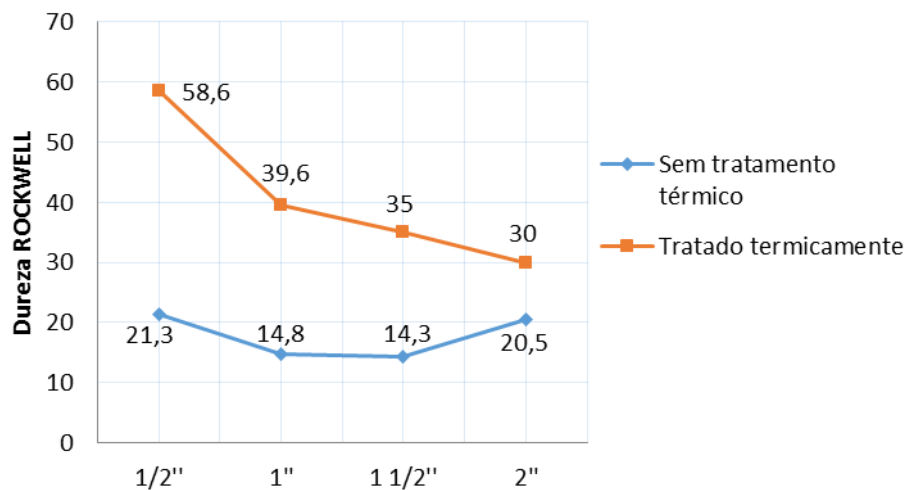


Fonte: Aduino Junior da Silva, 2017.

Observando a Figura 4, os corpos de prova apresentaram uma variação na dureza, na qual, inicialmente na periferia do corpo de prova 1, a dureza foi maior que a do corpo de prova 2, e em ambos os casos as medidas foram diminuindo ao aproximar do centro das peças. Novamente a diferença das durezas de ambos os corpos de prova pode ser explicada pela diferença na velocidade de resfriamento da periferia em comparação com o centro da peça.

Na Figura 5 pode ser analisado no eixo vertical a dureza do material e na horizontal o diâmetro dos corpos de prova.

**FIGURA 5** – Média das durezas nos corpos de prova



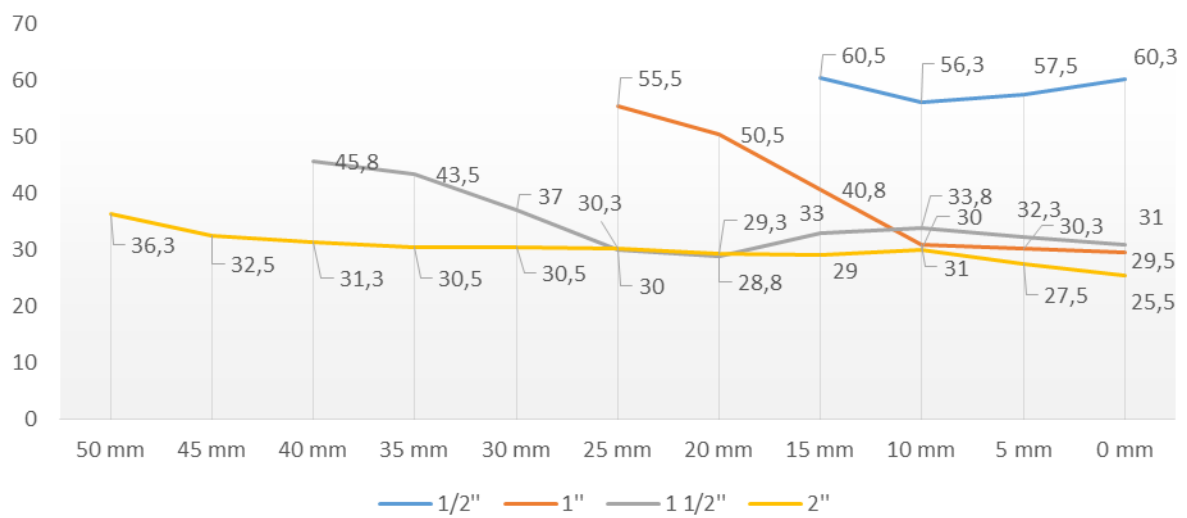
Fonte: Adauto Junior da Silva, 2017.

Pelo gráfico da Figura 5, pode-se observar que a medida que as peças são maiores, a dureza é cada vez menor, sendo que para o diâmetro de 1/2" apresentou-se um ganho maior de dureza, que partiu de 21,3 HRC sem tratamento térmico para 58,6 HRC. Após o tratamento térmico, o diâmetro de 1" aumentou sua dureza de 14,8 HRC sem tratamento e foi para 39,6 HRC tratado termicamente, o diâmetro de 1 1/2" sem ser tratado termicamente indicou ganho de dureza que partiu de 14,3 HRC e foi para 35 HRC com o tratamento térmico e o diâmetro de 2" foi o que teve o menor aumento da dureza, que foi de 20,5 HRC para 30 HRC. O que pode justificar esse fenômeno é fato de que quanto maior for o corpo de prova, possuirá maior massa. Sendo assim, quanto maior a massa, menor será a eficiência na troca térmica durante a

têmpera, fazendo com que os corpos de prova de maiores volumes apresentem dureza cada vez menor.

A Figura 6 representa uma análise conjunta de todos os corpos de prova que possibilitou comparar de maneira clara a distribuição da dureza ao longo de suas secções.

**FIGURA 6** - Comparativo dos corpos de prova



Fonte: Aduino Junior da Silva, 2017.

Analisando a Figura 6, é possível perceber claramente que quanto menor o corpo de prova melhor será sua resposta ao tratamento térmico de têmpera. Pode-se afirmar também que, de uma maneira geral, quanto mais próximo da extremidade maiores foram as durezas medidas. É possível afirmar também que esse material possui baixa temperabilidade, pois as variações na velocidade de resfriamento da periferia da peça em relação ao centro proporcionaram consideráveis quedas nas durezas.

Para as condições ensaiadas, os corpos de prova de dimensões intermediárias apresentaram maior taxa na queda da dureza. Possivelmente a diferença na taxa de resfriamento entre a periferia e o centro da peça foi consideravelmente maior que as outras peças, a de menor diâmetro com altas taxas de resfriamento tanto na periferia como no centro, e a de maior diâmetro com baixas taxas de resfriamento tanto na periferia como no centro.

## 8 CONCLUSÕES

Em respostas aos objetivos propostos e com base nos ensaios realizados é possível chegar às seguintes conclusões:

- a) quanto menor for o diâmetro, maior será sua dureza após o tratamento térmico de têmpera;
- b) a dureza na periferia da peça tende a ser maior que a dureza no núcleo e que esse efeito é mais perceptível em peças de maior volume;
- c) para as condições ensaiadas os corpos de prova de dimensões intermediárias apresentaram maior taxa na queda da dureza;
- d) as diferentes taxas de resfriamento foram as grandes responsáveis pelas diferenças de dureza.

Como proposta para trabalhos futuros, pode-se repetir os mesmos testes com diferentes diâmetros e também com diferentes materiais, possibilitando uma comparação ainda mais detalhada do efeito da secção das peças sobre o tratamento térmico de têmpera.

*THE INFLUENCE IN THE PIECE SECTION IN THE HARDNESS OF ABNT  
1045 STEEL TREATED THERMALLY BY TEMPER*

**ABSTRACT**

The thermal treatment by temper consists in the process of steel cooling after being austenitized in a sufficiently fast speed to avoid pearlitic and bainitic transformations, aiming a microstructure very hard, called martensite. The bigger the piece section, the bigger are the difficulties of hardening this material by temper. The present study aims to verify the influence of the piece section in the hardness of ABNT 1045 steel, thermally treated by temper. To do so, there were tempered 4 different proof-bodies, with various diameters of the previously mentioned steel, and then the hardness in the piece section was measured. It was realized that the bigger the treated piece, the smaller its hardness is, and the hardness in the proof-bodies surface were bigger than in their core.

Key words: Temperature. Hardness. Treatment.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. M. R. de et al. **Modelagem da formação não isotérmica da austenita em um aço de baixo carbono.** São Paulo, 2010.

AZEVEDO, Alessandra Gois Luciano de. **Aplicação da técnica da dupla camada na soldagem do aço ABNT 1045.** Dissertação apresentada à universidade federal do Ceará para obtenção do título de mestre em engenharia e ciência de materiais. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2002.

CALLISTER, Willian D. **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução.** Ed. LTC. São Paulo, 1999.

CASTRO, Danilo Borges Villarino de. **Influência de temperatura de austenitização para têmpera e de revestimento na tenacidade e na vida em fadiga do aço SAE 5160 com diferentes teores de fósforo.** São Carlos: USP, 2007.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Processos de fabricação e tratamento Vol. LII,** Ed. McGraw-Hill, 1986.

CORREIA, Fábio Junkes. **Comparação das Propriedades Mecânicas do Aço AISI 4140 no Estado Recozido e no Estado Normalizado.** Mai a Ago 2013. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/ldtm/publicacoes/Artigo%20%20Recozimento\\_Normaliza%C3%A7%C3%A3o%20-%20Forge.pdf](http://www.ufrgs.br/ldtm/publicacoes/Artigo%20%20Recozimento_Normaliza%C3%A7%C3%A3o%20-%20Forge.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 201.

COSTA, Giselle Barata. **Influência da hidrogenação sobre a microestrutura e magnetização de saturação do aço AISI 4340 (AMS 6414K e AMS 6415S).** Campinas: Unicamp, 2013.

FREITAS, Paulo Sérgio de. **Tratamento térmico dos metais: da teoria à prática.** São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

PADILHA, Angelo Fernando. **Materiais de engenharia: Microestrutura e propriedades.** Ed. Hemus. Curitiba, 1997

SENAI. CPM - **Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção. Mecânica: Tratamentos Térmicos.** Espírito Santo: SENAI Departamento Regional do Espírito Santo, 2011.

TSCHIPTSCHIN, André Paulo. **Tratamento Térmico. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.** São Paulo: EPUSP, 2010.