

ESTUDO DA DUREZA DO AÇO SAE 1045 SUBMETIDO AO TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA E RESFRIADO EM DIFERENTES MATERIAIS.

Luis Felipe Sanches Da Silva¹

Engenheiro Mecânico

Charles Potente Dutra²

Graduando em Engenharia Mecânica

M.Sc Victor Barbosa de Souza³

Doutorando em Engenharia Mecânica

Kaio César Fernandes⁴

Engenheiro Mecânico

Resumo: Este artigo tem por objetivo estudar a diferença de dureza alcançada no aço SAE 1045, quando o mesmo é submetido ao tratamento térmico de têmpera, e resfriado em três diferentes tipos de materiais: carvão, areia, e óleo. Através do ensaio mecânico de dureza e a realização da Metalografia, as propriedades dos quatro tipos de amostras foram analisadas e comparadas entre si. O ensaio de dureza foi realizado para determinar a diferença de dureza alcançada nas amostras resfriadas em diferentes tipos de materiais. A metalografia foi feita para determinar as microestruturas obtidas após o tratamento térmico. As amostras que passaram pela têmpera obtiveram uma melhora em sua dureza, em consequência das mudanças microestruturais.

Palavras chaves: Tratamento térmico, Ensaio de dureza, aço SAE 1045

Abstract: This article has the objective to study the hardness in the SAE 1045 steel when it is subjected to the heat treatment of quenching, and cooled in three different materials: coal, sand and. Through the mechanical test of hardness and the realization of Metallography, the properties of the three types of samples were compared between themselves. The hardness

¹ Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, luis-lipe@hotmail.com

² Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, potentedutra@hotmail.com

³ Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, victor_souza11@hotmail.com

⁴ Universidade Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna-RJ, kaiocfernandes@hotmail.com

test was conducted to determine the hardness difference achieved for samples cooled at different types of materials. The metallography test was done to determine the microstructure obtained after the heat treatment. The samples that passed by quenching achieved an improvement in their hardness, and the sample that cooled in oil was the one that got higher hardness, as a consequence of microstructural changes

Keywords: Scientific article, Quenching, Hardness Test, SAE 1045 steel.

1. INTRODUÇÃO

Em muitos casos na área da indústria, os aços recém-produzidos geralmente não possuem as características necessárias para sua utilização em determinadas ocasiões como, por exemplo, a dureza ou mesmo a resistência mecânica necessária. A utilização de tratamentos térmicos para a obtenção das características desejadas é comum no setor industrial.

O Tratamento térmico é o conjunto de operações de aquecimento e resfriamento a que são submetidos os materiais, sob condições controladas de velocidade e resfriamento, com o objetivo de alterar as suas microestruturas e características mecânicas.

A têmpera é um dos mais importantes tratamentos térmicos para área da construção mecânica.

As amostras são aquecidas em uma temperatura já pré-determinada e o resfriamento, é dado de forma muito rápido. Para este artigo o resfriamento se deu em três tipos de materiais, óleo, areia e carvão, nos quais as amostras foram mergulhadas após seu aquecimento. Todos esses processos resultam em modificações microestruturais, que pode ou não formar uma microestrutura chamada martensita que garante ao aço um aumento na dureza e na resistência a tração..

O aço 1045 é um aço de baixa temperabilidade , o que torna a obtenção da martensita um processo mais difícil do que quando utilizado um material de boa temperabilidade, pois a taxa de resfriamento do aço 1045 tende a ser menos de meio segundo.

Entende-se como temperabilidade a facilidade do aço de formar a martensita. Com um aço mais temperável, pode-se usar uma taxa de resfriamento mais baixa e ainda assim formar martensita.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados encontrados neste trabalho foi necessário três etapas: a realização da têmpera, o teste de dureza e o ensaio metalográfico .

Para este artigo foram utilizadas quatro amostras de aço SAE 1045, Figura 01, com 0,5 polegadas de diâmetro e 5 cm de largura, sendo uma das quatro amostra utilizada sem tratamento térmico apenas para fins de comparação. O aço SAE 1045 tem composição química especificada na tabela 01, e é classificado como um aço médio carbono, considerado um aço de boa usinabilidade, boa resistência mecânica e alta forjabilidade. Suas aplicações são variadas dentre elas a fabricação de eixos, engrenagens comuns, componentes estruturais de maquinas, virabrequins entre outras.

Tabela 01 – Composição Química do aço SAE 1045

Elemento	%
C	0,43 – 0,50
Si	0,15 – 0,35
Mn	0,60 – 0,9
P	0,03
S	0,05

Fonte: Catalogo de aços Gerdau



Figura 01 – corpo de prova

2.1 Etapa 1: Realização do tratamento térmico de têmpera

A realização do tratamento térmico de têmpera se deu em três fases: aquecimento, Manutenção da temperatura e o resfriamento. Para a realização desses processos foi utilizado um forno da marca Novus, com capacidade de atingir 1200°C mostrado na Figura

02. Todo processo de aquecimento e resfriamento foi realizado no laboratório de tratamento térmico da FACREDENTOR.

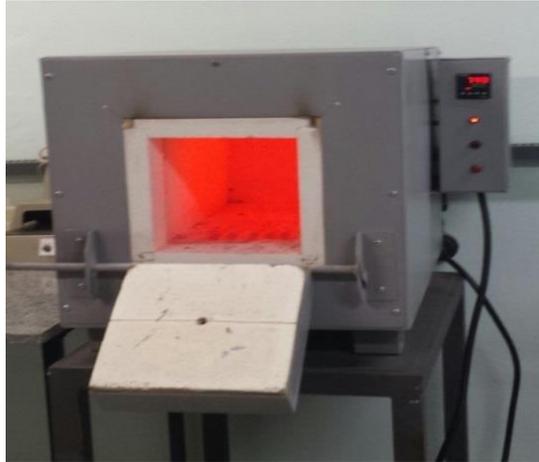


Figura 02 – Forno Novus

Fonte: Arquivo Pessoal.

2.1.1 Aquecimento

O forno foi aquecido até 855°C com uma taxa de pré-aquecimento de 60 min. Após atingir a temperatura desejada foi realizado o aquecimento das amostras no patamar máximo por 30 min, sendo assim o tempo total de aquecimento das amostras foi 1h e 30 min.

Para a definição da temperatura foi utilizado o diagrama Fe-C como o apresentado na Figura 03, traçando no diagrama Fe-C uma linha até a zona crítica do aço, e tomando como base um aço 1045 encontra-se uma temperatura aproximadamente a 775°C, de acordo com as dimensões da amostra foi utilizada uma temperatura 80°C acima da zona crítica, para a completa austenitização do aço.

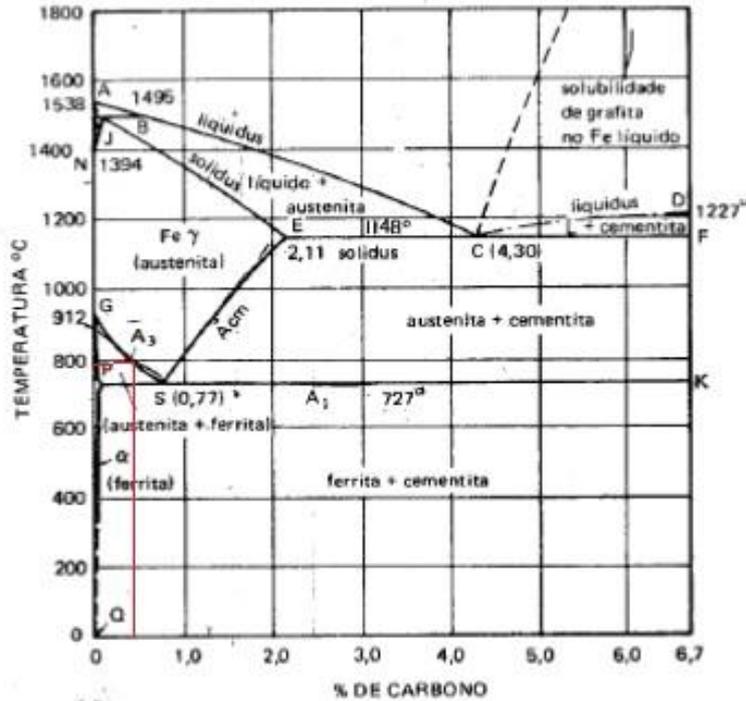


Figura 03 – Diagrama Fe-C

Fonte: Tecnologia Mecânica Volume 3 , Vicente Chiaverini

2.1.2 Resfriamento

Para o resfriamento foram utilizados três tipos de materiais: areia, carvão e óleo, com o objetivo de verificar a alternância de dureza obtida em cada uma das amostras.

Como observado na figura 04, a taxa de resfriamento no aço 1045 como citado anteriormente é de meio segundo, pois o aço 1045 é um aço de baixa temperabilidade o que torna a obtenção da martensita um processo difícil, no momento do resfriamento nenhuma das amostras foram movimentadas dentro dos materiais utilizados, elas foram apenas completamente submersas de forma calma.

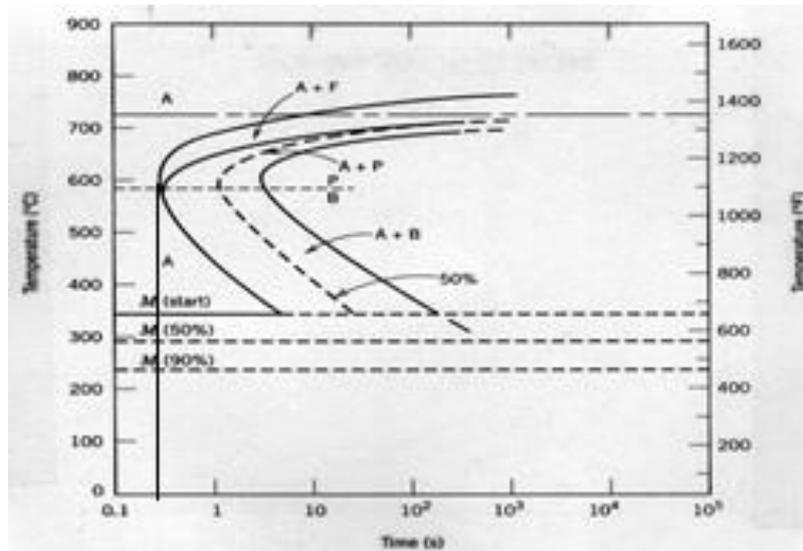


Figura 04 – Curva TTT do aço 1045, com uma linha representando o tempo máximo de resfriamento.

Fonte: Tecnologia Mecânica Volume 3 , Vicente Chiaverini.

Todas as amostras tiveram um tempo de submersão de 48 horas, e sendo todas de aço 1045 elas possuem a mesma taxa de resfriamento cerca de menos de 0,5 segundo para a formação da martensita.

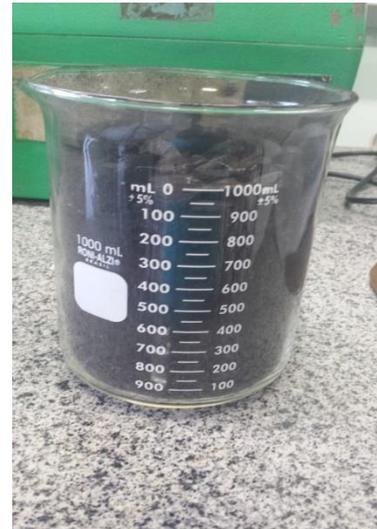
O tempo que levou para as amostras serem retiradas do forno até serem completamente submersas nos recipientes com os respectivos materiais para o resfriamento foi cronometrado e está apresentado na tabela 02, juntamente com a quantidade de material utilizado para o resfriamento.

Tabela 02 – Quantidade de material usado para o resfriamento e tempo de retirada do forno até o resfriamento.

Material	Tempo de Resfriamento	Quantidade
Areia	5s	0,00042 m ³
Carvão	4.4 s	0,001 m ³
Óleo	4,2 s	0,002 m ³



(a)



(b)



(c)

Figura 05 – Materiais utilizados para o resfriamento, (a) areia, (b) carvão, (c) óleo.

2.3 Etapa 2: Ensaio de Dureza

Após a realização da têmpera as amostras recolhidas foram submetidas ao ensaio de dureza, sendo realizadas em cada amostra, dez verificações.

Para o ensaio de dureza foi utilizado um durômetro de bancada da marca digimes, figura 06. O **durômetro de bancada** é adequado para se testar dureza de metais, e é muito utilizado em muitas áreas da indústria no mundo inteiro.

O método para medir a dureza consistiu em medir a profundidade da impressão deixada na amostra com a aplicação de uma carga, através de um penetrador de diamante em forma de cone. Para este artigo foi adotada a escala Rockwell C.

O método de dureza Rockwell C, representado pelo símbolo HRC (Hardness Rockwell), leva em consideração a profundidade que o penetrador atingiu, descontando-se a recuperação elástica, devido à retirada da carga maior, e a profundidade atingida que é devida à carga menor, no caso do símbolo C a carga principal é de 150kgf. Nesse método, o resultado é lido diretamente na máquina de ensaio; além da rapidez maior, este método elimina o possível erro de medição que depende do operador.



Figura 06 – Duromêtro de bancada digimess

2.4 Etapa 3: Ensaio Metalográfico

Com a conclusão das duas etapas iniciais foi realizado o ensaio metalográfico para a verificação das microestruturas obtidas após o tratamento térmico.

Para a realização do ensaio, foi necessário o lixamento das amostras com lixas 240, 340, 400, 600 e 1200. Após as amostras estarem devidamente lixadas elas foram polidas em uma Politriz Lixadeira Motorizada Polipan-2, fotografia 07. Com o polimento concluído as amostras passaram por um ataque químico. No ataque químico a amostra ficou imersa em ácido nítrico por cerca de 1 minuto.

Para finalizar o ensaio, foi realizada a microscopia, descrita como análise feita em um microscópio para verificar a microestrutura formada visualizada figura 08.



Figura 07 – Polítrix Lixadeira otorizada Polipan 2



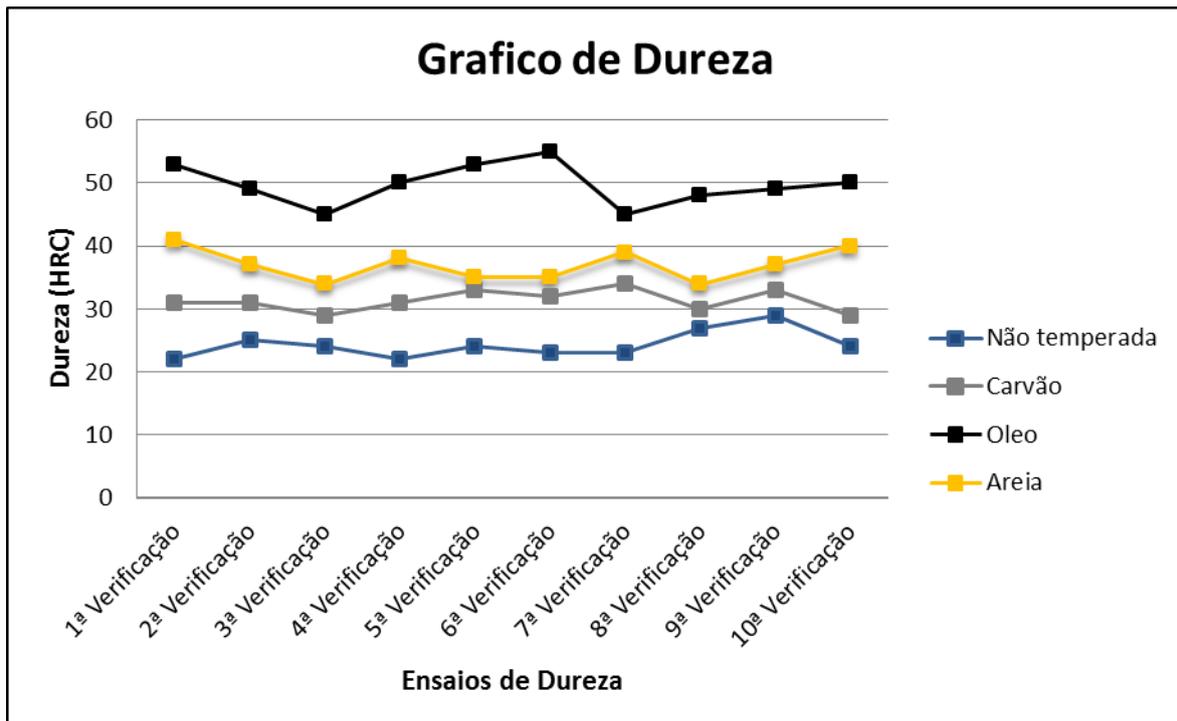
Figura 08 – Microscópio utilizado para análise

3. Resultados Obtidos

3.1. Ensaio de dureza

A seguir consta o gráfico contendo as durezas encontradas ao longo do ensaio, em cada meio resfriador.

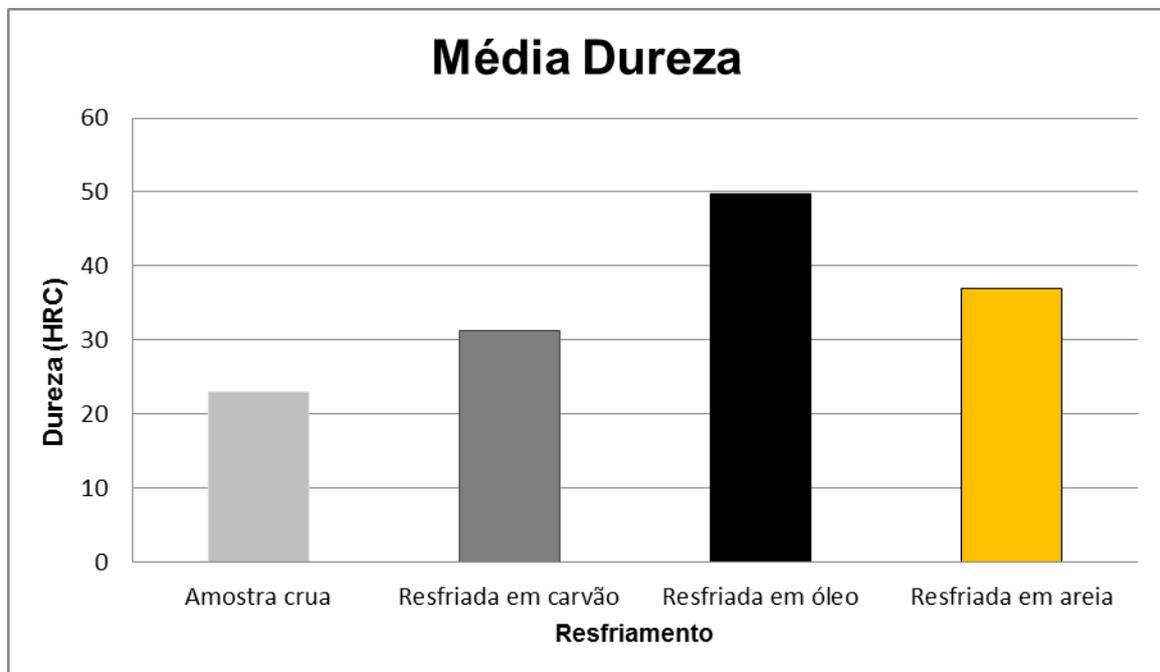
Gráfico 01 – Gráfico de Dureza por material resfriador



3.1.2 Média de Dureza

Os dados apresentados abaixo relacionam a media de dureza feita em cima das dez verificações em cada amostra com o material utilizado para o resfriamento.

Gráfico 02 – Gráfico da dureza media obtida através das dez verificações.



3.2 Ensaio Metalográfico

3.2.1 Amostra bruta

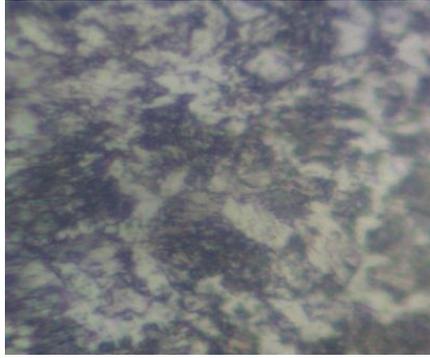


Figura 09 – Amostra no estado bruto

Grãos escuros: Perlita

Grãos claros: Ferrita proeutetóide

3.2.2 Amostra resfriada em areia

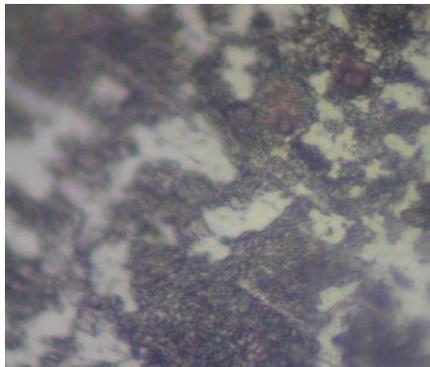


Figura 10 – Amostra resfriada em areia.

Grãos escuros: Perlita

Grãos claros: Ferrita

3.2.3 Amostra resfriada em carvão

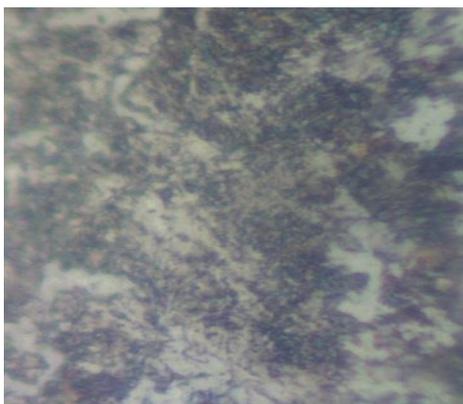


Figura 11 – Amostra resfriada em carvão

Grãos escuros: Perlita fina

Graços claros: Ferrita

3.2.4 Amostra resfriada em óleo

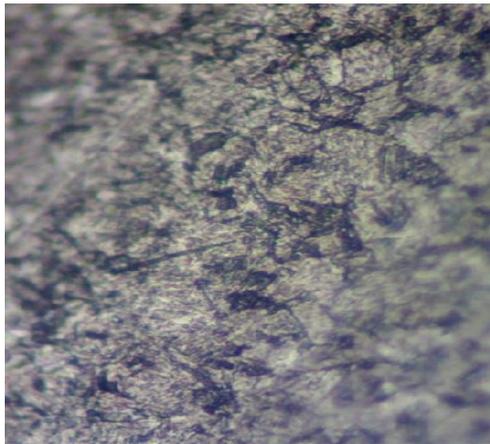


Figura 12 – Amostra resfriada em óleo.

Apresenta bainita e ferrita.

4. Análise dos Resultados obtidos

Com a realização do tratamento térmico de têmpera foi possível garantir aos corpos de prova que passaram pelo tratamento térmico um aumento em sua dureza, isto ficou comprovado com os dados obtidos no ensaio de dureza.

O gráfico 02 demonstra a diferença de dureza obtida nos três tipos de amostras resfriadas, cada uma resfriada em um tipo de material diferente, e para fim de comparação há também os dados de dureza obtida da amostra que não passou pelo tratamento térmico.

Através do Ensaio metalográfico foi possível observar as mudanças microestruturais ocorridas em cada uma das amostras após o tratamento térmico de têmpera.

4.1.1 Amostra não temperada

Com o ensaio de dureza na amostra não temperada, verificou-se uma dureza média de 24,3 demonstrada no gráfico 02. Com base na dureza encontrada nesta amostra, foi feito a análise do quão efetivo foi o aumento de dureza nas outras três amostras.

O ensaio metalografico realizado para esta amostra, determinou dois tipos de materiais perlita e ferrita, sendo o aço 1045 um aço de médio teor de carbono comprova-se uma pequena quantidade a mais de perlita do que ferrita.

4.1.2 Amostra Resfriada em Areia

A areia como material para resfriamento se mostrou mais eficaz que o carvão, porém menos eficaz que o óleo. A média de dureza da areia foi de 37 HRC, o que representa um acréscimo de 12,7 HRC em comparação com a amostra não tratada termicamente.

No ensaio metalografico a areia apresentou uma formação de grandes grãos de perlita ,

4.1.3 Amostra Resfriada em Carvão

A amostra resfriada em carvão foi a que obteve um menor aumento em sua dureza, ou seja, o carvão foi o material menos efetivo para o, apresentando apenas um acréscimo de 7HRC em relação a amostra não tratada termicamente, porém foi a amostra que obteve uma menor dispersão de valores obtidos no ensaio de dureza , isto porque o carvão é rico em carbono tornando os grãos de perlita mais bem distribuídos.

Os resultados discutidos acima também são comprovados no ensaio metalográfico.

4.1.4 Amostra Resfriada em Óleo

Dentre os materiais utilizados para o resfriamento o óleo foi o material mais efetivo quando se busca um aumento na dureza do aço. A amostra resfriada em óleo obteve uma dureza media de 49.7 HRC, como demonstrado no gráfico 02, isso significa uma melhora em dureza media equivalente a 25,4 HRC em comparação com a dureza da amostra que não passou por tratamento térmico.

Com o ensaio metalografico comprovou-se a formação de bainita nesta amostra, uma microestrutura mais dura que a perlita.

5. Conclusão

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a têmpera possui grande eficiência no aumento da dureza dos aços, comprovando sua importância para a indústria.

Os experimentos realizados demonstraram a importância da escolha do material para o resfriamento no tratamento térmico de Têmpera para o aumento de dureza.

Referências Bibliográficas

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. **Ciência e Engenharia dos Materiais**, 1 ed. São Paulo: CENGAGE LEARNING, 2008.

CALLISTER, W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais uma Introdução**, 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**, 4 ed. Editora Blucher, 2008.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**, 2 ed. São Paulo: MacGraw-Hill, 1986.