

# MELHORIA NA USINABILIDADE DOS AÇOS SAE 1008 E 1045 COM USO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE RECOZIMENTO

## **Chrislla Stéphanie Amorim Mendes**

Discente do curso de Engenharia Mecânica – UNINORTE

E-mail: chrislla.amorim@hotmail.com

Telefone: (92) 99349-1368

## **Naiandra Mota Lima**

Discente do curso de Engenharia Mecânica – UNINORTE

E-mail: naiadra.mota1997@gmail.com

Telefone: (92) 98183-5202

## **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi estudar o comportamento das propriedades dos aços SAE 1008 E 1045, quando submetidos ao recozimento. A metodologia aplicada foi obter amostras dos aços SAE 1008, 1045 e realizar melhorias de suas propriedades mecânicas. Os passos do processo de recozimento foram: encaminhamento ao forno com temperatura de recozimento de 910°C para o aço SAE 1008 e 870°C para o aço SAE 1045, ambos em intervalo de tempo determinado, seguidos de resfriamento dentro do forno. Este tratamento apresentou uma microestrutura grosseira, constituída de ferrita e perlita grossa, contribuindo para a utilização desses aços em novos processos. Em razão dos resultados verificou-se que o teor de microdureza final, o aço SAE 1008, e considerando a média dos valores, obteve uma perda de aproximadamente 60,42 HV enquanto o aço SAE 1045 atingiu aproximadamente 125,86 HV. A conclusão mais importante é que os aços SAE 1008 e 1045, requerem propriedades com maior ductilidade e usinabilidade que são propícios ao recozimento.

**Palavras-chave:** Tratamento térmico; recozimento; microdureza; microestrutura.

## ABSTRACT

The objective of the present work was to study the behavior of SAE 1008 E 1045 steels when submitted to annealing. Where the applied methodology consisted in using samples of SAE 1008 and 1045 steels respectively. The steps of the annealing process are summarized in the samples obtained, routed to the oven with annealing temperature of 910°C for SAE 1008 steel and 870°C for SAE 1045 steel, both in a determined time interval, followed by cooling inside the oven. This type of treatment offered a coarse microstructure, consisting of ferrite and coarse perlite, contributing to the use of these steels in new processes. When the final microhardness content was verified, the SAE 1008 steel, considering the average of the values, obtained a loss of approximately 60.42 HV while SAE 1045 steel reached approximately 125.86 HV. Due to the results we conclude that the assertion that steels that require properties with greater ductility and machinability are favorable to annealing.

**Keywords:** Heat treatment, annealing, microhardness, microstructure.

## 1. INTRODUÇÃO

A Siderurgia é a ciência que estuda a produção de aços. O processo siderúrgico se encontra dividido em três grandes etapas: Redução, Refino e Conformação Mecânica. A redução é a etapa que visa transformar os minérios de Ferro em Ferro gusa (redução em alto forno) ou Ferro esponja (redução direta). O refino envolve os processos de transformação dos produtos da redução dos minérios de Ferro em aço, com composição química adequada ao uso. Por último, a conformação mecânica visa a transformação mecânica dos aços em produtos que possam ser utilizados pela indústria e envolve, de forma geral, a laminação, trefilação e o forjamento (Scheid, 2010).

As ligas Ferro-Carbono ainda hoje representam os materiais de maior utilização prática. Isto se deve ao fato de que estas ligas podem apresentar uma grande variação nas suas propriedades pela simples variação na quantidade de Carbono e ainda possibilitam que se tenha uma gama maior de propriedades se consideramos a possibilidade de deformação plástica e os tratamentos térmicos. O aço é uma das ramificações do grupo ferro-carbono sendo que sua aplicação tem grande variedade por motivo de possuir propriedades e características mecânicas desejáveis, quer na forma pura ou após tratamento térmico, sua presença é intensa tanto em indústrias quanto nas áreas da engenharia (Callister, 2008).

A forma mais utilizada de classificar os aços é aquela que considera a composição química, de acordo com o sistema de designação SAE-AISI (SAE – Society of Automotive Engineers, AISI – American Iron and Steel Institute). A partir desta, o grupo dos aços pode ser subdividido em quatro grandes:

- Aços carbono;
- Aços liga ou de construção mecânica;
- Aços inoxidáveis;
- Aços ferramenta.

Aços Simplesmente ao Carbono: SAE/AISI 10XX, onde os dois primeiros algarismos, ou seja, o 10 significa que os aços são simplesmente ao Carbono. A fração XX/100 indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1045 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo entre 0,43 e 0,50%C em peso e um aço SAE/AISI 1006 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo 0,06%C em peso máximo. Estes aços apresentam teor de Manganês que varia entre 0,25 e 1,00%, além de Fósforo e Enxofre com teores máximos de 0,030 e 0,050 respectivamente (Scheid, 2010).

Pode-se dizer que de longe o aço é o material mais amplamente empregado na fabricação de bens de consumo e bens de produção, nas indústrias, na fabricação de máquinas, veículos automotores, na construção civil, etc. O aço é utilizado para fabricar quase tudo, desde uma agulha de costura até tanques de armazenamento de óleo. Além disso, as ferramentas, necessárias para construir e fabricar esses artigos, são

também fabricadas em aço (Tschiptschin, s.d.). Vale ressaltar que alguns tipos possuem quantidades apreciáveis de outros elementos químicos distintos de sua composição essencial. Esses materiais possuem forte conexão com o teor de carbono, pois suas propriedades são proporcionais a esta peculiaridade, podendo ser divididos em grupos nomeados de aços com baixo, médio e alto teor de carbono (Callister, 2008). O estudo dirigido a esta família determina sua composição dentro dos limites de 0,08% até 2,14% de carbono, porém a porcentagem é normalmente encontrada inferior a 1,2% (Freitas, 2015).

A composição química dos aços é definida dentro do processo siderúrgico na etapa de Aciaria (refino), não podendo ser mais alterada após o lingotamento do aço, a não ser por uma nova fusão do aço. Isto significa que muitas características dos aços são definidas nesta etapa (Scheid, 2010).

O objeto de estudo adotado foi o aço SAE 1008 e SAE 1045, respectivamente classificados em baixo e médio teor de carbono, com o objetivo de aumentar a ductibilidade e usinabilidade dos aços em estudo. O aço SAE 1008, encontra-se na forma de chapa fina fria, nome dado aqueles produtos laminados a frio, cuja presença é de grande variedade nos setores do mercado automotivo, construção civil, linhas brancas, eletroeletrônicos, autopeças, tubos, vasilhames, implementos agrícolas e etc., usado desde produtos comerciais até os que requerem processos mais complexos

(Manetoni, s.d.). Se diferem dos laminados a quente e soldados, pois os mesmos são limitados a um determinado número de formas. Os laminados a frio pelo contrário apresentam as mais variadas formas (Javaroni, 1993). A deformação a frio é realizada, mais frequentemente, em aços de baixo Carbono e elementos de liga e que mantém a sua excelente ductibilidade em temperatura ambiente. A deformação a frio, conceitualmente realizada abaixo da temperatura de recristalização, promove o encruamento do material ou, em outras palavras, o endurecimento por deformação a frio (Scheid, 2010). O aço 1045 se encontra na forma de trefilado redondo possuidor de teor de médio carbono. A aplicação é requerida naqueles setores onde os aços de baixo teor não conseguem suprir as necessidades, usado principalmente em eixos em geral, pinos, cilindros, ferrolho, parafusos, grampos, braçadeiras, pinças, pregos, colunas, etc. (Açosport, s.d.). A Tabela 1 demonstra os valores em porcentagem da composição dos aços SAE 1008 e 1045 respectivamente, descritos anteriormente.

**Tabela 1:** Composição química aços SAE 1008 e 1045.

<b>Chapa Fina Fria N22</b>					
Tipo de Aço	Espessur	% C	% Mn	% P	% S

SAE 1008	
0,80	0,08
0,50	0,03
0,05	

**Trefilado Redondo**

Tipo de Aço	Espeçura	% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cu	% Cr
SAE 1045	6,8	0,45	0,68	0,17	0,012	0,015	0,14	0,10

**Fonte:** AMAZON AÇO (2018) /  
TUBOAÇOS DA AMAZÔNIA LTDA  
(2018).

Tomando como ponto de partida as aplicabilidades descritas anteriormente, observa-se que o aproveitamento do aço SAE 1008 e 1045 é muito extenso, em algumas utilizações ele é submetido a tratamentos térmicos para aperfeiçoamento de suas propriedades. Além de o conhecimento e comportamento ser amplo para este material dentro de processos térmicos. Chiaverini (2008) expõe as vantagens do tratamento térmico nos aços, são as ligas metálicas que mais se prestam às operações de tratamento térmico, pois sua estrutura pode sofrer profundas modificações.

Os tratamentos térmicos realizados ao final da transformação do aço (laminação) ou em posterior utilização podem promover significativas alterações nas propriedades. (Scheid, 2010).

Na observância, quanto ao tratamento térmico, utilizaremos do

tratamento denominado recozimento para análise das propriedades adquiridas nos aços com teor de carbono de 0,08% e 0,45%. Levando em consideração que o aço SAE 1008 não pode ser submetido a qualquer tipo de tratamento, devido ao seu baixo teor. Callister (2008) de forma geral, estabelece parâmetros fundamentais deste ciclo de aquecimento e resfriamento, onde o termo recozimento se refere a um tratamento térmico onde um material é exposto a elevada temperatura durante um intervalo de tempo e então é resfriado lentamente. Portanto, cada aço (SAE 1008 e 1045) possui características inerentes, por conseguinte o comportamento irá ser distinto. O presente estudo é direcionado para as conclusões quanto ao produto final de cada um deles após o tratamento térmico.

## 1.1 Objetivo Geral

Estudar o comportamento das propriedades dos aços SAE 1008 e 1045, através do tratamento térmico de recozimento.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Determinar o tipo escolhido de tratamento térmico de recozimento;
- Alterar as propriedades físicas e mecânicas dos aços escolhidos;
- Ensaio metalográfico para avaliação da estrutura dos aços SAE 1008 e 1045, antes e após recozimento pleno;

- Medição da microdureza em escala Vickers dos aços, antes e após tratamento térmico;
- Observar se atingiu-se os objetivos do recozimento plenos nas amostras de aço SAE 1008 e 1045.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os aços SAE 1008 e 1045 foram fornecidos respectivamente pela Amazon Aço e Tuboços da Amazônia, ambas localizadas na cidade de Manaus, no estado do Amazonas, norte do Brasil. A prioridade de seleção foi dada aos aços que não possuísem tratamento térmico, para uma obtenção de resultados mais exatos.

No primeiro momento foi preciso a prática de ajustes nas peças para a medição de dureza, para este fim se utilizou o estudo da metalografia. Considerando a metalografia no seu contexto de visualização de metais para o controle de qualidade e propriedades, tendo uma definição abrangente, toma-se como referência seu propósito fundamental que se resume em estudar as características dos materiais e suas ligas, para relacioná-los com suas propriedades mecânicas, físicas e químicas. Subdividida em micrografia (aumento > 50X) e macrografia (aumento < 50X) (Fernandes, 2011). Diante dos fatos mencionados, para a chegada ao objetivo da metalografia é preciso a passagem por etapas como corte, embutimento, lixamento, obtenção de uma superfície polida, ataque químico e observação através de aparelho microscópico.

### • Corte

Dessa forma as duas amostras em forma de fina fria e trefilado redondo foram sujeitas a corte, tomou-se o devido cuidado para que o corte das amostras não afetasse sua microestrutura original, o produto deste procedimento foram pequenas partes da amostra original, sendo suficiente para o estudo. O equipamento utilizado para o corte conhecido como “cut-off”, ou policorte, com discos abrasivos intensamente refrigerados (evitando deformações devido ao aquecimento) a relativas baixas rotações é largamente utilizado nos laboratórios metalográficos (Rohde, 2010). Os discos de corte, consistem de discos abrasivos finos (normalmente de alumina ou oxido de silicato), agregados com borracha ou outro aglomerante qualquer.

### • Embutimento

Em sequência foi feito o embutimento, é de grande importância para o ensaio metalográfico, pois além de facilitar o manuseio de peças pequenas, evita que amostras com arestas rasguem a lixa ou o pano de polimento; bem como o abaulamento durante o polimento (Rohde, 2010). O tipo de embutimento utilizado nesse estudo foi a quente, com material denominado de baquelite que possui baixo custo e dureza elevada, nesta parte se teve a presença de uma embutidora que formou os corpos de provas para melhoria de manejo dos materiais.

Porém o aço traz consigo algumas aderências indesejáveis, devido ao

tempo e procedimentos de geração, que impossibilitam o estudo metalográfico e por consequência o conhecimento das propriedades. Devido ao grau de perfeição requerida no acabamento de uma amostra metalográfica idealmente preparada, é essencial que cada etapa da preparação seja executada cautelosamente, é um dos processos mais demorados da preparação de amostras metalográficas (Rohde, 2010).

- Lixamento

Para o problema descrito se efetuou a passagem por lixas, com média de dois minutos em cada uma, de granulometria 320#, 400#, 800# e 1200# e uso de lubrificante. A técnica de lixamento manual consiste em lixar a amostra sucessivamente com lixas de granulometria cada vez menores, mudando-se de direção (90°) em cada lixa subsequente (Freitas, 2015). Para se conseguir um lixamento eficaz é necessário o uso adequado da técnica de lixamento, pois de acordo com a natureza da amostra, a pressão de trabalho e a velocidade de lixamento, surge deformações plásticas em toda a superfície por amassamento e aumento de temperatura (Rohde, 2010). Os cuidados tomados durante esta parte primordial do ensaio metalográfico foram:

- Manter a superfície sempre limpa, isenta de líquidos e graxas que pudessem causar alguma reação química na superfície.
- Os riscos profundos que algumas lixas deixaram, foi necessário fazer novo lixamento.

No lixamento o poder de desgaste é avaliado pela dureza do grão e pela sua granulometria da lixa. Geralmente, para os trabalhos metalográficos as lixas utilizadas têm como grão abrasivo o óxido de alumínio, em casos especiais, é utilizado o diamante e o carbeto de boro (Rohde, 2010).

- Polimento

Elas foram seguidas do depósito de pasta de diamante sobre cada corpo de prova para a chegada na politriz de polimento. O polimento é mecânico realizado após o lixamento, nesse processo foi preciso alguns cuidados, tais como: a superfície precisou estar sempre limpa, para isso ocorreu a lavagem entre as etapas e as amostras precisaram ser polidas individualmente.

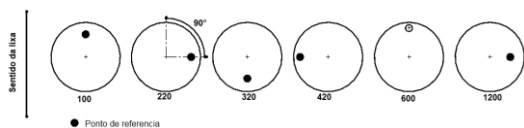
- Ataque Químico

O ataque químico foi realizado em sequência, o reagente utilizado foi nital, constituído de 95% de ácido nítrico e 5% de álcool etílico, este funciona para a grande maioria dos metais ferrosos, com dez segundos de imersão no líquido.

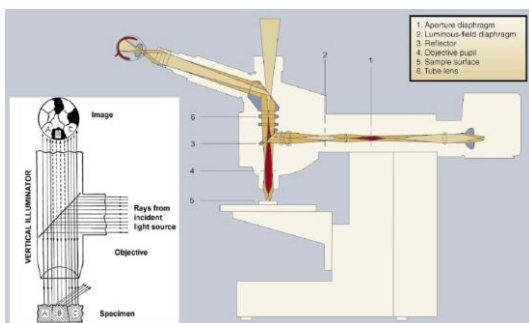
- Microscopia

Logo em seguida ocorreu a visualização em microscópio que contou com a ampliação na lente de 400X, neste momento houve a primeira inspeção da microestrutura dos aços SAE 1008 e 1045. O exame microscópico (figura 2), com seus fatores de aumento, exige obviamente não só cuidados especiais, devido à natureza dimensional das amostras envolvidas, sua capacidade

praticamente sempre a considerar, e as características comuns de superfície, assumiu formas específicas e geram uma série de técnicas e dispositivos que facilitam e às vezes só assim possibilitam a execução dessas técnicas. Mais precisamente, fala-se de posicionamento das amostras, iluminação apropriada e técnicas fotográficas (Rohde, 2010). O microscópio visa a comodidade, assim como, tornar mais fácil e nítida as microestruturas em observação.



**Figura 1:** Aspecto de lixamento.  
**Fonte:** Freitas, 2015.

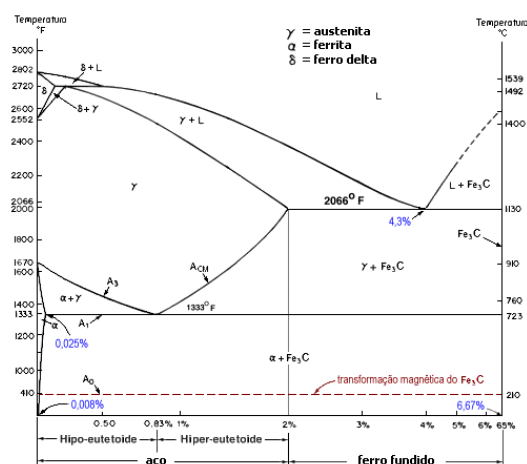


**Figura 2:** Microscopia.  
**Fonte:** Freitas, 2015.

Terminado os procedimentos da metalografia, em laboratório distinto, aconteceu a primeira análise de microdureza com auxílio de um microdurômetro. Após o conhecimento da grandeza descrita, se separou uma nova amostra de cada aço para o encaminhamento ao tratamento térmico. Os tratamentos térmicos em geral são utilizados para alterar as propriedades físicas e mecânicas de determinados

materiais, sem modificar a forma do produto. É um ciclo de aquecimento e resfriamento, em condições controladas de tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento (Freitas, 2015). O recozimento, como mencionado anteriormente, foi o tratamento mais adequado para a escolha, se utilizou o recozimento pleno nas duas amostras. Estas foram submetidas em um forno tipo estufa, com temperatura de recozimento de 910°C para o aço SAE 1008, enquanto o aço SAE 1045 foi recozido a 870°C, ambos no intervalo de 10 minutos, seguidos de resfriamento lento dentro do forno por tempo suficiente para chegada à temperatura ambiente. Por conseguinte, as amostras foram analisadas pela segunda vez em microscópio eletrônico e microdurômetro onde se determinou a microdureza.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

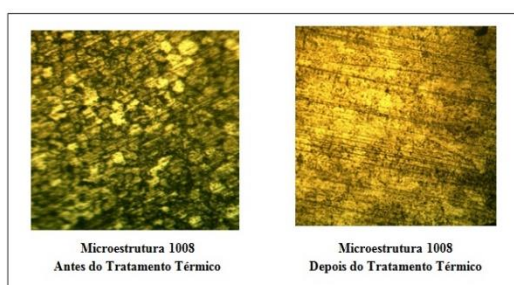


**Figura 3:** Diagrama de fases.  
**Fonte:** Freitas, 2015.



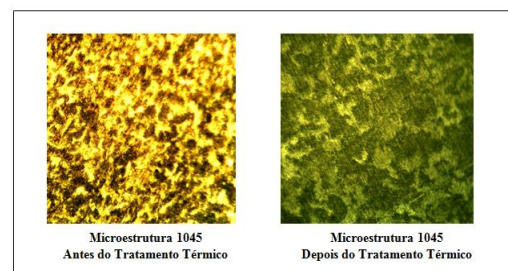
A figura 3 mostra o diagrama de fases, pode-se observar que a temperatura utilizada para o recozimento pleno no presente estudo foi de 910° C e 870° C, que se encontram aproximadamente 50° C acima da linha  $A_3$ , o que provoca um crescimento de grãos – austenitização dos grãos - nos respectivos aços em análise (SAE 1008 e 1045). Por isso optou-se por resfriamento em forma lenta (dentro do forno) para não comprometer as características desejadas e seguir os padrões do tratamento térmico estabelecido. A modificação ou obtenção de determinadas propriedades pela aplicação do tratamento térmico é devida a modificações estruturais que se produzem nos aços.

Diante de todos os procedimentos de recozimento pleno, as amostras submetidas desenvolveram microestrutura grosseira e uniformidade de grãos, conforme a Figura 4 e 5. Aço austenitizado transformado a partir de resfriamento lento, mostrando a transformação completa da austenita em ferrita e perlita.



**Figura 4:** Análise de Microestrutura, aço SAE 1008, vista por microscópio eletrônico, com uma ampliação de cerca de 400 x.

Pelo fato de serem aços hipoeutetóides, isto é, uma liga ferro-carbono com composição à esquerda do ponto eutetóide (que contenha entre 0,02 e 0,76% de C) é conhecida como **liga hipoeutetóide** (Callister, 2008). Os produtos finais têm a composição de ferrita e perlita grosseira, logo os aços apresentam mais ductibilidade.



**Figura 5:** Análise de Microestrutura, aço SAE 1045, vista por microscópio eletrônico, com uma ampliação de cerca de 400 x.

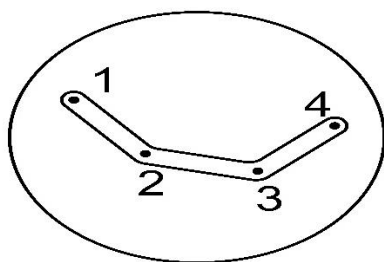
A Tabela 2 mostra a comparação de medidas, na escala Vickers, ao estudo das microdurezas no aço SAE 1008. A dureza Vickers se baseia na resistência que o material oferece à penetração de uma pirâmide de diamante de base quadrada e ângulo entre faces de 136°, sob uma determinada carga. O valor de dureza Vickers (HV) é o quociente da carga aplicada (F) pela área de impressão (A) deixada no corpo ensaiado (Freitas, 2015). Para este procedimento foi utilizado um microdurômetro com a carga de 0,5 kgf em cada um dos processos. A figura 6 retrata os pontos destinados a medição da microdureza no aço SAE 1008, estabeleceu-se o mesmo parâmetro de medição para antes e depois do tratamento térmico de recozimento pleno.

**Tabela 2:** Análise de Microdureza, aço SAE 1008.

Medidas	Microdureza (HV) Antes do TT	Microdureza (HV) (Pós TT-Recozimento à 910°C, durante 10 minutos)
1	145,7	86,4
2	154,2	90,4
3	166,2	107,0
4	180,0	120,6

Força aplicada para medição em ambos: **0,5 Kgf**

Parâmetros Estatísticos	Microdureza (HV) Antes do TT	Microdureza (HV) (Pós TT-Recozimento à 910°C, durante 10 minutos)
Média ( $\bar{x}$ )	161,525	101,10
Variância ( $\sigma^2$ )	222,4225	248,55
Desvio Padrão ( $\sigma$ )	14,91	15,76

**Figura 6:** Pontos de medição aço SAE 1008.

No ensaio de microdureza do aço SAE 1045 foi preciso uma carga de maior força por motivo da forma

(trefilado redondo), teor de carbono (0,45%) e componentes de liga serem distintos do aço 1008. A dureza Vickers é representada pelo valor de dureza, seguido do símbolo HV, o tempo normal de aplicação da carga varia de 10 a 15 segundos. A Tabela 3 mostra a comparação das medidas para o aço mencionado. A figura 7 ilustra os pontos de medição da microdureza antes e pós recozimento, pois obedecem ao mesmo parâmetro.

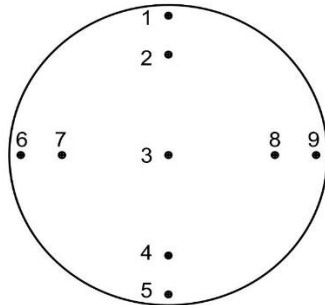
**Tabela 3:** Análise de Microdureza, aço SAE 1045.

Medidas	Microdureza (HV) Antes do TT	Microdureza (HV) (Pós TT-Recozimento à 870°C, durante 10 minutos)
1	288,6	168,9
2	282,4	178,0
3	270,1	161,6
4	287,1	179,1
5	333,9	157,5
6	277,7	154,6
7	280,8	166,5
8	291,3	162,7
9	317,9	168,2

Força aplicada para medição em ambos: **1,0 Kgf**

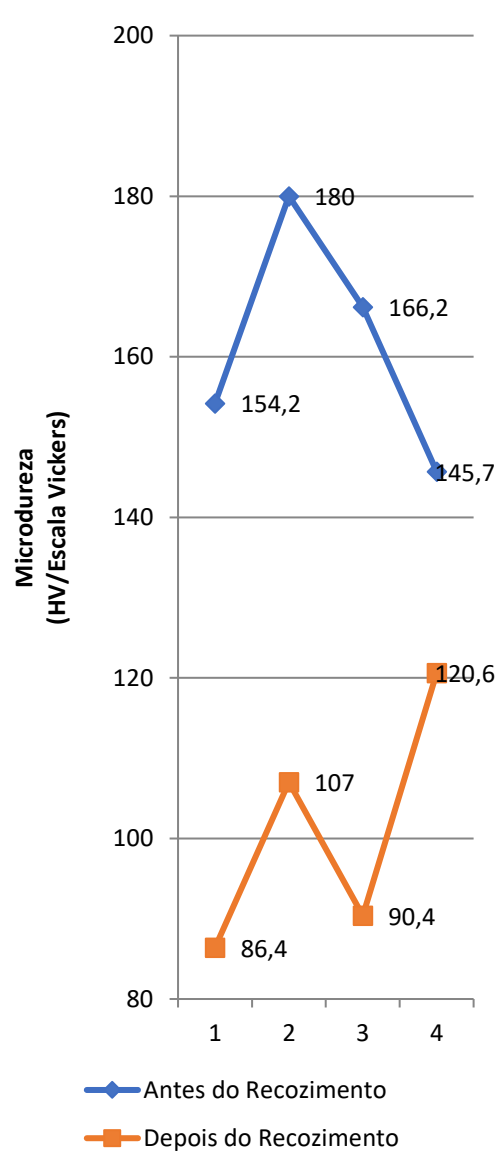
Parâmetros Estatísticos	Microdureza (HV) Antes do TT	Microdureza (HV) (Pós TT-Recozimento à 870°C, durante 10 minutos)
Média ( $\bar{x}$ )	292,2	166,34
Variância ( $\sigma^2$ )	420,48	70,06

Desvio Padrão ( $\sigma$ )	20,50	8,37
----------------------------	-------	------

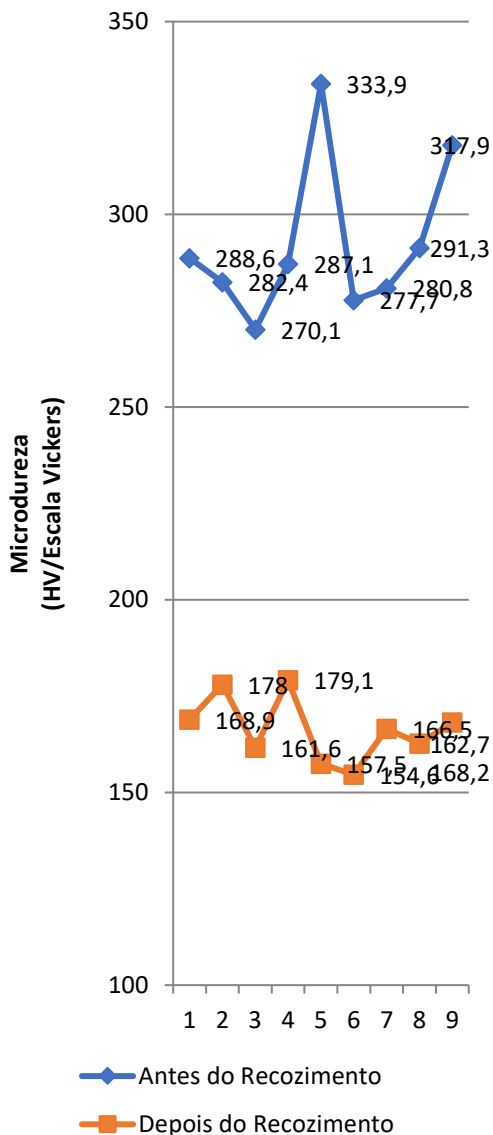


**Figura 7:** Pontos de medição aço SAE 1045.

Para um melhor entendimento, o Gráfico 1 traz os aspectos sintetizados do processo de ensaio de microdureza para o aço SAE 1008, e posteriormente o Gráfico 2 demonstra para o aço SAE 1045.



**Gráfico 1:** Comportamento do aço SAE 1008.



**Gráfico 2:** Comportamento do aço SAE 1045.

Os Gráficos 1 e 2 ratificam um dos objetivos do recozimento que proporciona uma queda de dureza, aumentando a ductibilidade e tenacidade, diminuindo a probabilidade de fragilidade e empenos nas futuras utilizações desse material. Além disso o recozimento busca remover as tensões internas devido a tratamentos mecânicos, ajustar o tamanho dos grãos para regularizar a

estrutura que pôde ser observado nas Figuras 4 e 5, produzir uma microestrutura definida, eliminar impurezas gasosas e melhoras as propriedades elétricas e magnéticas.

#### 4. CONCLUSÃO

A importância do tratamento térmico é evidente pelo simples fato de se conseguir alcançar alguns objetivos, tais como: remoção de tensões internas, aumento da dureza, aumento da resistência ao desgaste, aumento da ductibilidade, aumento da usinabilidade, etc. Há casos, entretanto que interessa somente uma modificação parcial de certas propriedades mecânicas, como no caso dos objetos de estudo adotados. No caso do aço SAE 1008 e SAE 1045 é notório a queda de dureza, possibilitando assim o aumento da ductibilidade e tenacidade.

Dentro dos parâmetros do recozimento são muitos os resultados possíveis para um produto destinado ao mesmo, porém vale destacar a eliminação de tratamentos anteriores, diminuição de dureza, melhoras nos processos de usinabilidade, alteração na ductilidade e resistência, ajuste no grão e produção de uma microestrutura mais definida como principais efeitos causados por este tratamento (Freitas, 2015). Para Callister (2008) o recozimento pleno, utilizado neste estudo, solicita um intervalo de tempo prolongado, porém sua microestrutura final é constituída de grãos pequenos e estrutura uniforme. Levando-se em consideração esses aspectos percebe-se o resultado do tratamento térmico nos aços SAE 1008 e 1045.

Conforme as Figuras 4 e 5, o aparecimento de grãos mais homogêneos é evidente, além do surgimento da perlita grossa que fez com que as amostras sofressem uma queda de microdureza e por consequência um melhoramento na plasticidade do material. As Tabelas, 2 e 3, e Gráficos demonstram os desfechos das microdurezas, comprovando a queda produzida pelo recozimento. O aço SAE 1008 sofreu diminuição em sua microdureza inferior ao aço SAE 1045, ao se tomar a média dos valores, o primeiro obteve aproximadamente uma diferença de cerca de 60, 42 HV enquanto o segundo atingiu 125,86 HV.

O ciclo de tratamento utilizado nesta pesquisa proporcionou materiais mais propícios para a usinagem, e com menores possibilidades de fragilidade no desempenho de suas futuras funções, já que área plástica destes passou por aumento. Cabe a observação de que o recozimento não é inerente apenas aos aços de baixo ou médio teor de carbono, como mencionado anteriormente, mas a todos os aços por se tratar de um processo de eliminação de qualquer tratamento térmico anterior. Para Chiaverini (2008) o recozimento produz estruturas normais ideais para a utilização imediata, aliviando as possíveis tensões oriundas de outros processos, e ainda prepara o material para outras operações térmicas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao NULAB - Núcleo de laboratórios do UNINORTE, que disponibilizou o local e equipamentos para realização dos experimentos.

## 6. REFERÊNCIAS

Açosport. Comércio de Aços. s.d. Disponível em: <http://www.acosporte.com.br/barra-aco-1045>. Acesso em 05 de janeiro de 2018.

Callister, Jr., William D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 7. ed. Tradução

Sérgio Murilo Stamile Soares. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Chiaverini, Vicente. Tratamento Térmico das Ligas Metálicas. 1. ed. São Paulo: ABM, 2008.

Fernandes, Jr., Paulo. História da Metalografia. s.d. Disponível em: <http://profpaulofj.webs.com/oqueeparqueserve.htm>. Acesso em 03 de fevereiro de 2018.

Freitas, Bruno Mello de. Tratamento Térmico. 2015. Notas de Aula – UNINORTE, Manaus.

Manetoni. Soluções em Aço. s.d. Disponível em: <http://www.manetoni.com.br/produto-chapa-fina-a-quente-e-a-frio.html>. Acesso em 05 de março de 2018.

Rohde, Regis Almir. 2010. Metalografia Preparação de Amostras. URI, 2010.

Scheid, Adriano. 2010. Curso Básico de Aços. Curitiba, 2010.

Tschiptschin, André Paulo. S.d.  
Mundo dos Aços Especiais. Gerdau,  
s.d.