

CENTRO UNIVERCITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
FLÁVIO AUGUSTO MACIEL NEUENSCHWANDER PENHA

N. CLASS.	669.142
GUTTER	P 399 p
ANO/EDIÇÃO	2014

PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO SAE 5160 E UHB
15N20 APLICADOS A CUTELARIA

VARGINHA
2014

FEPESMIG

FLÁVIO AUGUSTO MACIEL NEUENSCHWANDER PENHA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO SAE 5160 E UHB
15N20 APLICADOS A CUTELARIA**

Projeto apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau Licenciatura sob orientação do Prof. Esp. Fabiano Farias

VARGINHA

2014

Grupo Educacional UNIS

FLÁVIO AUGUSTO MACIEL NEUENSCHWANDER PENHA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO SAE 5160 E UHB
15N20 APLICADOS A CUTELARIA**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Me. Fabiano Farias

Prof.

Prof.

OBS.:

RESUMO

O a liga de aço damasco é composta pela união de dois ou mais tipos de aços que possuem características distintas, que são unidos pelo processo de soldagem por caldeamento. A barra de aço damasco utilizada na confecção de laminas é composto por varias camadas, obtidas por dobramento e unidas novamente pelo processo de caldeamento, em um padrão ideal, ficando entre 50 a 600 camadas. O aço damasco, além de grande beleza, possui também grande flexibilidade e dureza devido a intercalação de aços de alto teor de carbono e de baixo teor de carbono. Contudo, nesse trabalho, será descrito o processo de confecção do aço damasco, as descrição dos ensaios e por fim os resultados obtidos e comparar esta liga com os aços base, utilizados para a sua fabricação.

Palavras-chave: Caldeamento. Aço damasco. Cutelaria.

ABSTRACT

The Damascus steel alloy is composed by the union of two or more kinds of steels that have different characteristics, which are joined by the welding process by welding. The Damascus bar are used in the manufacture of blades is composed of several layers, obtained by folding and joined again by the process of mixing, in an ideal standard, getting between 50 to 600 layers. The Damascus steel, and great beauty, also has great flexibility and hardness due to merge high-carbon and low-carbon steels. However, in this paper, we described the process of damask steel making, the description of the tests and finally the results and compare this with the base alloy steels used in the manufacture.

Keywords: *Fusing. Damascus steel. Knives.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Montagem da Barra de Aços Intercalados.....	12
Figura 2 - Aquecimento da Barra	12
Figura 3 - Forno a Gás.....	13
Figura 4 - Adição de Bórax.....	14
Figura 5 - Cortes Laterais.....	15
Figura 6 - Prensagem.....	15
Figura 7 - Faca Padrão Ladder	16
Figura 8 - Torção da Barra	17
Figura 9 - Faca Padrão Turkish.....	17
Figura 10 - Curva de Tensão Deformação	19
Figura 11 - Corpo de Prova Para Ensaio de Tração	19
Figura 12 - Extensômetro	20
Figura 13 - Curva de Tensão Deformação da Liga Estudada.....	20
Figura 14 - Resultados do Ensaio de Tração	21
Figura 15 - Ensaio de Dureza	22
Figura 16 - Penetrador Cônico	23
Figura 17 - Durômetro.....	23
Figura 18 - Impacto Charpy	25
Figura 19 - Impacto no Corpo de Prova.....	25
Figura 20 - Corpo de Prova do Ensaio de Impacto tipo Charpy	26
Figura 21 - Fratura do Corpo de Prova Charpy.....	26
Figura 22 - Embutimento a Frio	27
Figura 23 - Micrografia da Liga.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição Química do Aço SAE 5160.....	11
Quadro 2 - Composição Química do Aço UHB 15N20.....	11
Quadro 3 - Média de Dados de Dureza HRc.....	24
Quadro 4 - Propriedades Mecânicas dos Aços Base e da Liga	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEORICO	10
2.1 Caldeamento	10
2.2 Materiais.....	10
2.3 Faca de Aço Damasco.....	14
2.3.1 Damasco com o padrão <i>Ladder</i>	14
2.3.2 Damasco com o padrão <i>Turkish</i>	16
3 ENSAIOS MECÂNICOS.....	18
3.1 Ensaio de Tração	18
3.2 Ensaio de Dureza	21
3.3 Ensaio de Impacto	24
3.4 Ensaio Metalográfico.....	26
4 RESULTADOS E ANÁLISES	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Este projeto consiste em estudar as características mecânicas da liga de aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20 com o intuito de comparar suas propriedades mecânicas com as propriedades mecânicas dos seus aços base e a outros aços comerciais aplicados a confecção de facas e observar se existe algum aspecto superior que deixe a liga de aço damasco em vantagem sobre os demais.

Mostrar os tipos de aços damasco existentes e sua história, demonstrar passo a passo alguns dos processos de confecção do aço damasco e sobre o resultado obtido através de cada processo.

A incógnita para este trabalho é; se a liga de aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20 é viável para a aplicação na confecção de facas, levando-se em consideração suas propriedades mecânicas? Este aço forjado possui características melhores que os aços comerciais? A junção destes dois aços pelo processo de caldeamento resultará em um aço melhor que seus aços base?

Através do processo de caldeamento, onde dois ou mais metais são fundidos através do forjamento, onde sua temperatura fica próxima a temperatura de fusão, um novo metal liga se forma com uma estrutura em camadas devido ao processo de dobra, com isso espera-se que esta liga seja superior em algum aspecto comparado aos seus aços base e aos aços comerciais aplicados na cutelaria.

Contudo o objetivo deste trabalho é medir e avaliar os resultados obtidos através de ensaios, as propriedades mecânicas da liga de aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20 com a expectativa de encontrar propriedades mecânicas diferenciadas dos aços comerciais aplicados a cutelaria. Demonstrar e explicar quais são os tipos de aço damasco e sua história e por fim explicar os processos para a fabricação e os ensaios feitos neste material, sendo estes, ensaio de tração, ensaio de dureza, ensaio de impacto e análise micrográfico.

Com este estudo será comprovado que o aço damasco não é somente bonito devido a sua estrutura peculiar com desenhos e formas excêntricas, sendo também um excelente aço para aplicação na indústria cuteleira, ou na cutelaria artesanal.

2 REFERENCIAL TEORICO

Será mostrado um pouco sobre a história do aço damasco, como surgiu o processo e como foi o fim do seu uso, dois dos tipos de aço damasco utilizados por cuteleiros, sendo eles o estilo Ladder e o estilo Turkish, mostrando passo a passo do processo até o seu resultado final.

Alguns ensaios serão feitos porá podermos coletar os dados necessários para posteriormente compararmos as características da liga de aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20 com os seus aços base, sendo estes através dos ensaios de tração que nos dará as informações quanto a sua resistência a tração, seu limite de escoamento e alongamento, o ensaio de dureza feito em um Durômetro que nos dará a dureza na escala Rockwell C, o ensaio de impacto *Charpy* utilizando um pêndulo de impacto que nos dará os dados da energia absorvida e o ensaio metalográfico micrográfico, que através do processo de preparação da peça por lixamento, polimento e ataque químico, através do microscópio, será visto a microestrutura da liga de aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20, e com a coleta de todos estes dados será feita as análises dos resultados obtidos comparando com os seus aços base, assim podendo comparar e analisar a viabilidade do uso deste aço para a fabricação de facas, sendo ele superior ao seus aços base, ou se ele terá somente uma função estética sendo inferior ao seus aços base.

2.1 Caldeamento

As peças as quais serão unidas são aquecidas até que chegue a temperatura que a mantem no estado plástico avançado, em seguida, forçando uma contra a outra utilizando forças externas para ocorrer a união. (ANDRADE)

Forjamento consiste no trabalho mecânico ou na deformação de uma única peça de metal normalmente a quente, isso pode ser obtido pela aplicação de golpes sucessivos ou por compressão contínua. (CALLISTER, 2007, p.289)

2.2 Materiais

Como mostrado anteriormente, o aço damasco é formado pela união de dois ou mais aços com propriedades mecânicas distintas. Contudo, a liga de aço damasco que foi analisada mantém o mesmo padrão, no qual foram dispostos de modo intercalado, barras de aço SAE 5160 com barras de aço UHB15N20.

O aço SAE 5160 é um dos melhores aços carbono existentes para utilização na indústria couteleira, possui bons níveis de dureza na escala Rockwell C (HRc) quando temperado e níveis máximos de dureza entre 57 a 59 HRc. Conforme ficha técnica da Gerdau podemos ver a sua composição química.

Quadro 1 – Composição Química do Aço SAE 5160.

Designação	Carbono C	Cromo Cr	Manganês Mn	Níquel Ni	Molibdênio Mo	Vanádio V	Tungstênio W
SAE 5160	0,56 – 0,64 (%)	0,70 – 0,90 (%)	0,75 – 1,0 (%)	— (%)	— (%)	— (%)	— (%)

Fonte: Catálogo Comercial Gerdau (2011)

O Aço UHB15N20 é uma liga de níquel, a sua composição química é favorável para temperas em camadas mais profundas, produzindo um aço com maior tenacidade e dureza. (Em: < <http://www.orionltda.com.br/uddeholmlamina.html>> Acesso em 03/12/2014)

Quadro 2 – Composição Química do Aço UHB 15N20

Designação	Carbono C	Cromo Cr	Manganês Mn	Silício Si	Níquel Ni	Vanádio V	Tungstênio W
UHB 15N20	0,75 (%)	— (%)	0,4 (%)	0,3 (%)	2 (%)	-----	-----

Fonte: Catálogo Bohler e Uddeholm (2011)

A Figura 1 a seguir mostra como é realizado a intercalação dos aços que irão formar o aço damasco.

Figura 1 – Montagem da Barra de Aços Intercalados



Fonte: Pazini (2011)

Em seguida este intercalado de aço é levado a forja e aquecido a 1200° , próximo a sua temperatura de fusão, conforme a figura 2.

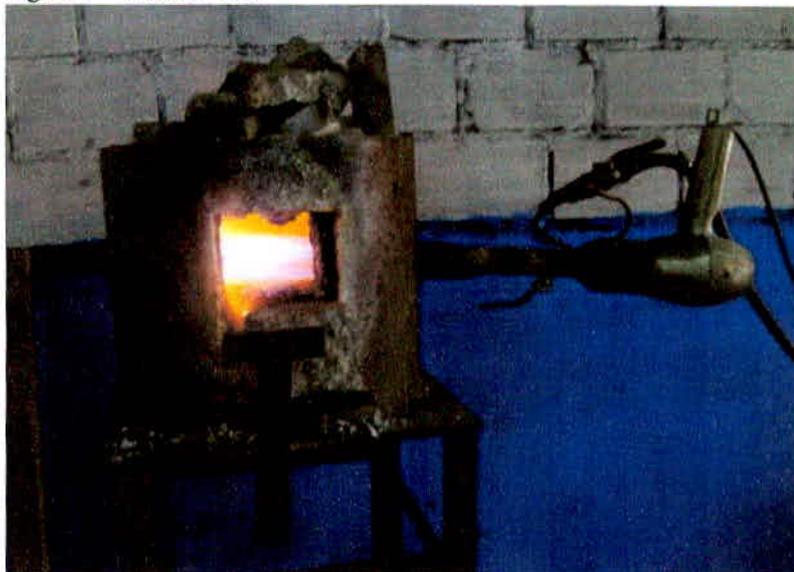
Figura 2 – Aquecimento da Barra



Fonte: Pazini (2011)

Para ocorrer o caldeamento é preciso elevar a temperatura da barra intercalada até aproximadamente o seu ponto de fusão. Para o caso da liga de aço damasco, a temperatura da barra intercalada é elevada no forno, a Figura 3 mostra o forno utilizado para realizar o procedimento.

Figura 3 – Forno a Gás



Fonte: Pazini (2011)

O forno a gás é de simples e é capaz de elevar a temperatura da barra intercalada a seu ponto de fusão em um tempo relativamente curto. Para que o forno chegue a temperatura ideal para o caldeamento, é injetado gás GLP juntamente com um fluxo de ar gerado por uma ventoinha, elevando assim a temperatura interna do forno rapidamente, para que ocorra um caldeamento uniforme, é fundamental que a barra esteja bem aquecida e também é indispensável a adição do bórax, comumente chamado fluxo de solda, agente químico que dissolve os óxidos metálicos que são formados nas superfícies dos metais, contudo, responsável por inibir a presença de oxigênio e facilitar a união dos materiais no caldeamento. A Figura 4 ilustra a adição de bórax ao feixe.

Figura 4 – Adição de Borax



Fonte: Pazini (2011)

2.3 Faca de Aço Damasco

Após obter a barra intercalada de aço, que caldeado e forjada com número de linhas de dobras entre trezentos e setecentos, deve-se criar os padrões de desenhos, se a aplicação for para cutelaria. Neste trabalho será feita a aplicação do aço damasco em duas facas com desenhos distintos em suas lâminas uma seguindo um padrão denominado *Ladder* e outro no padrão *Turkish*.

2.3.1 Damasco *Ladder*

Para que ocorra um resultado final estético na lamina com o padrão *Ladder*, deve-se criar uma linha de cortes intercalados de ambos os lados, de modo que não ultrapassem a linha do centro da barra forjada.

Como é possível analisar na Figura 5.

Figura 5- Cortes Laterais



Fonte: Pazini (2011)

Concluindo esse processo, a barra é levada novamente ao forno para que seja aquecido novamente, podendo assim conformar o material, remodelando a barra na forma padrão homogeneia para posteriormente ser remodelada. Para a conformação foi utilizada uma prensa hidráulica, porem pode ser conformado com martelete pneumático ou martelo e bigorna. A Figura 6 ilustra a barra sendo comprimida na prensa hidráulica.

Figura 6 - Prensagem



Fonte: Pazini (2011)

Após o forjamento a peça está pronta para ser modelada no formato escolhido para a faca desejada, após confeccionado o modelo da lâmina é necessário que seja feito o tratamento térmico adequado, contudo é indispensável a normalização da estrutura do aço.

Depois que a lâmina foi normalizada, foi aquecida novamente a uma temperatura de aproximadamente 1100°C e temperada em óleo, onde o resfriamento é feito de forma mais lenta, posteriormente foi revenido, onde a lâmina foi aquecida a 300° C dentro de um forno elétrico durante trinta minutos, fazendo com que as tensões internas sejam reduzidas.

Com os toques finais de acabamento com lixamento da superfície, revelação das linhas de carbono no cloreto férrico, limpeza da lâmina com água e chegamos ao resultado de uma lamina com o padrão *Ladder*, conforme vemos na figura 7.

Figura 7 - Faca Padrão Ladder



Fonte: Quevedo (2011)

2.3.2 Damasco *Turkish*

Para obter o damasco com o padrão *Turkish* é preciso elevar a temperatura da barra do mesmo modo que o processo descrito no padrão *Ladder*, posicionar uma de suas extremidades de forma fixa e na outra extremidade exercer um esforço de torção na barra como demonstrado na Figura 8, fazendo com que a barra fique em forma de rosca.

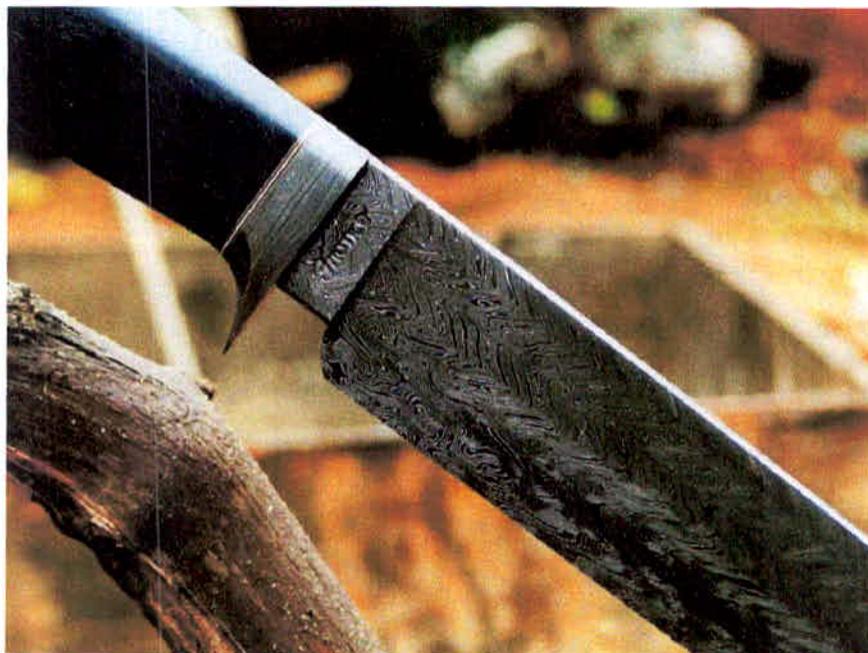
Figura 8 - Torção da Barra



Fonte: Pazini (2011)

Depois de torcida, a barra é forjada novamente, temperada em óleo, revenida e modelada no formato desejado, da mesma maneira que o processo descrito anteriormente. A imagem apresentada na Figura 9 mostra um punhal com damasco padrão *Turkish*.

Figura 9 – Faca Padrão Turkish



Fonte: Pazini (2011)

3 ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios mecânicos feitos em uma liga de damasco SAE5160 e UHB 15N20, foram realizados no laboratório CREMAT da UNIJUÍ campus Panambi, pelo aluno Henrico Pazini, acompanhados e analisados juntamente com o Prof. Dr. Gil Eduardo Guimarães, engenheiro responsável.

3.1 Ensaio de Tração

O ensaio de tração consiste em um ensaio destrutivo, onde é aplicada a um corpo de prova padronizado, uma carga uniaxial provocando o alongamento do corpo de prova. A carga é aumentada gradativamente levando o material à fratura. (SORDI, 2008)

A uniformidade termina no momento em que é atingida a carga máxima suportada pelo material, quando começa a aparecer o fenômeno da estrição ou da diminuição da secção, no caso de matérias com certa ductilidade. A ruptura sempre se dá na região mais estreita do material, a menos que um defeito interno, fora dessa região, promova a ruptura do mesmo, o que raramente acontece.

A precisão de um ensaio de tração depende, evidentemente, da precisão dos aparelhos de medida que se dispõe. Com pequenas deformações, pode-se conseguir uma precisão maior na avaliação da tensão ao invés de detectar grandes variações de deformação, causando maior imprecisão da avaliação da tensão.

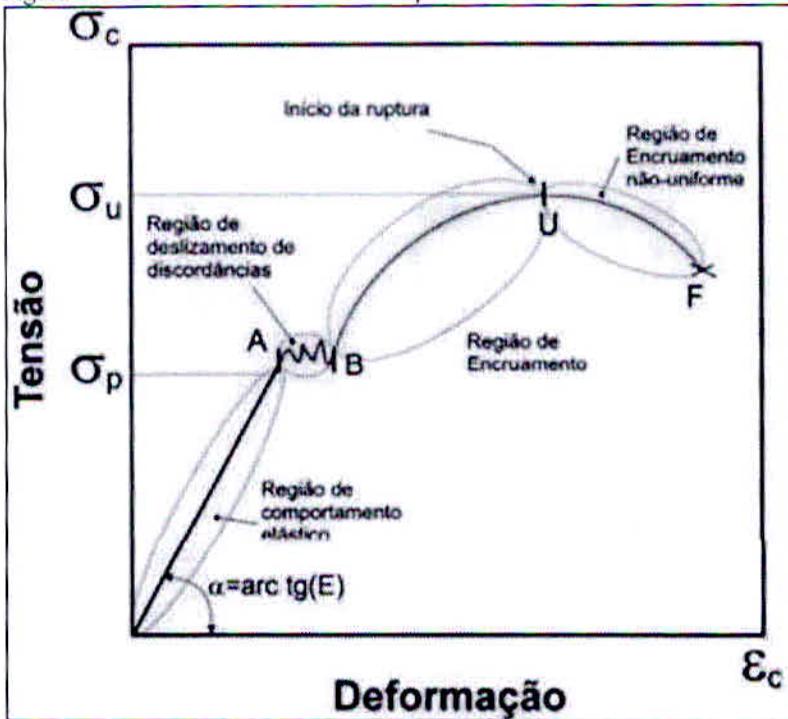
Quando um corpo de prova é submetido a um ensaio de tração, a máquina de ensaio fornece um gráfico que mostra as relações entre a força aplicada e as deformações ocorridas durante o ciclo. O que interessa para a determinação das propriedades do material ensaiado é a relação entre a tensão e a deformação. (DALCIN, 2011, p.8)

A tensão obtida, corresponde à força dividida pela área da seção cuja a força foi aplicada.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Aplicando a equação acima é possível encontrar os valores de tensão e montar o gráfico de tensão deformação, como podemos ver na Figura 10.

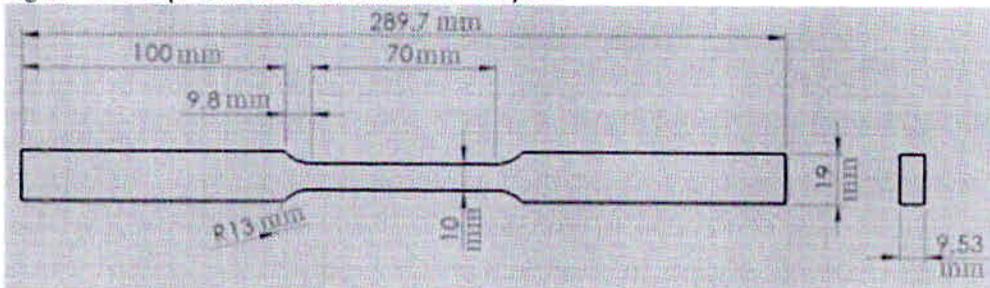
Figura 10 - Curva de Tensão Deformação



Fonte: Dalcin (2011)

Para a realização do ensaio de tração, é preciso o corpo de prova construído com o material a ser ensaiado, seguindo as solicitações impostas pela (NBR ISO 6892, 2002) nesse caso, aço damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20. A Figura 11 mostra o desenho com as dimensões do corpo de prova necessárias para o ensaio.

Figura 11 - Corpo de Prova Para Ensaio de Tração



Fonte: O Autor

Concretizando o ensaio de tração, foram coletados os dados que mostram as características e propriedades mecânicas da liga caldeada dos aços SAE 5160 e UHB15N20.

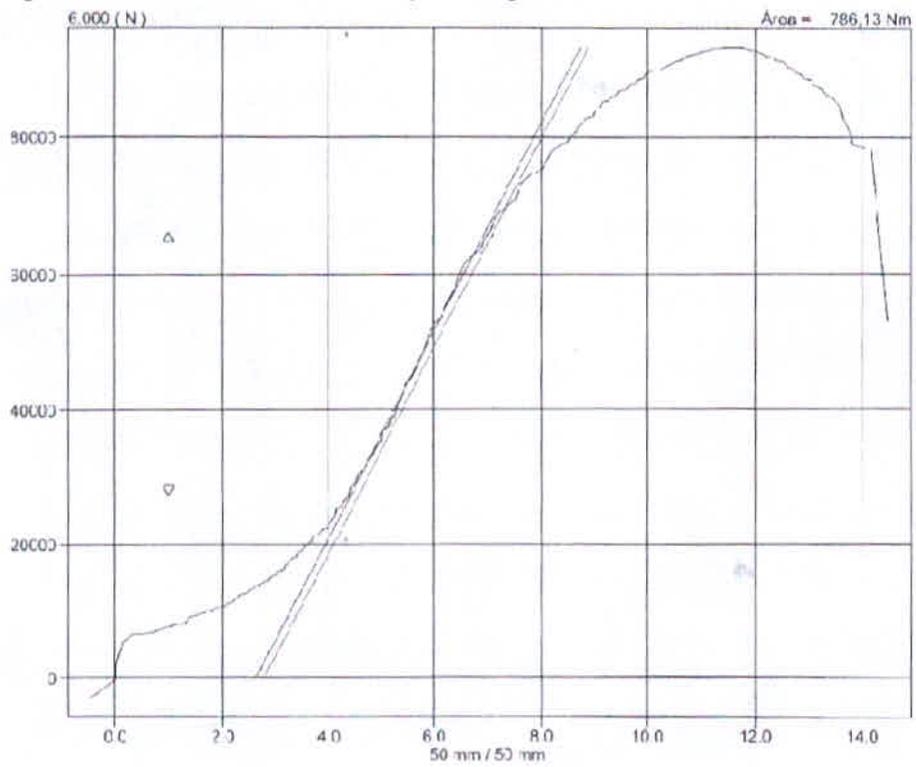
Esses dados podem ser encontrados na curva de Tensão Deformação vistos na figura 13, obtida com o auxílio do extensômetro PANATEC Figura 12.

Figura 12 - Extensômetro



Fonte: Panatec (2014)

Figura 13 - Curva de Tensão Deformação da Liga Estudada



Fonte: Pazini (2011)

Do gráfico acima foram extraídos os dados demonstrados na Figura 14.

Figura 14 - Resultados do Ensaio de Tração

ÁREA 101,91 mm²		TIPO DE SEÇÃO Retangular		DIMENSÕES: 10,55 X 9,66 mm	
CARGA MÁXIMA 93408 N		TENSÃO MÁXIMA 917 N/mm²		CARGA DE ESCOAMENTO 69888,11 N	
				TENSÃO DE ESCOAMENTO 685,763 N/mm²	
COMPRIMENTO INICIAL L ₀ 50,00 mm		COMPRIMENTO FINAL 64,45 mm		ALONGAMENTO FINAL 23,63 %	
				MÓDULO DE YOUNG 0,00 Kg	
ALONGAMENTO ELÁSTICO 39,95 %		RAZÃO ELÁSTICA 1,337		TEMPERATURA - - - °C	

Fonte: Pazini (2011)

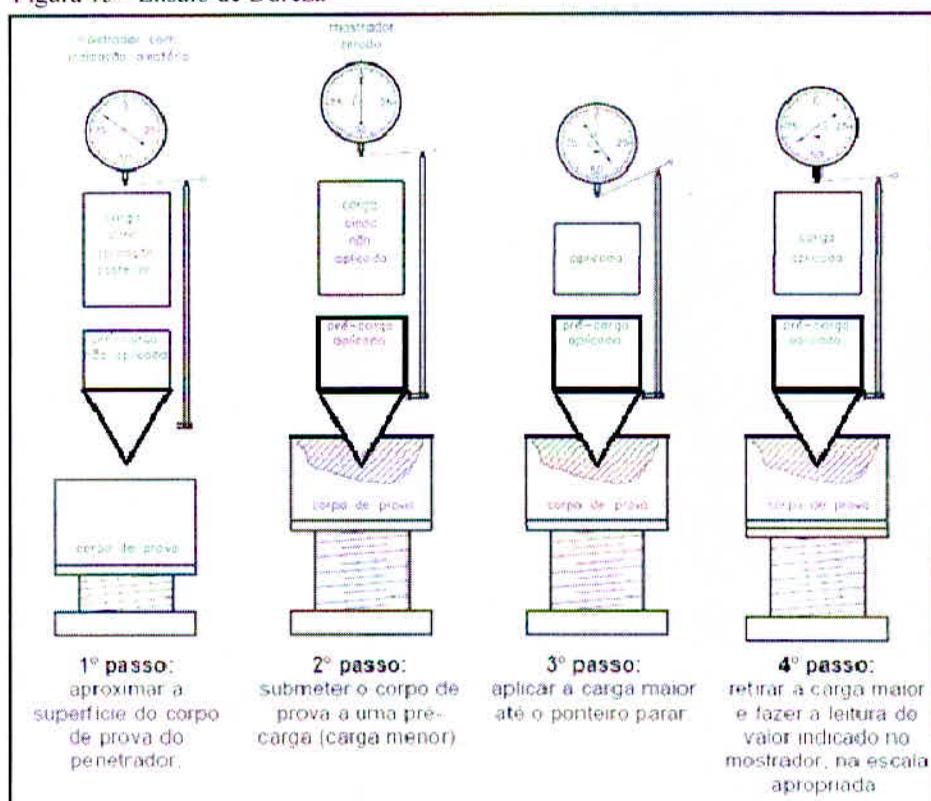
3.2 Ensaio de Dureza

Os penetradores utilizados na máquina de ensaio de dureza Rockwell são do tipo esférico ou cônico, cone de diamante com 120° de conicidade.

Na Figura 15 é possível analisar e melhor entender os procedimentos necessários para obter a dureza.

Este ensaio utiliza a profundidade de penetração, sob carga constante, como um medida de dureza. Uma pequena carga de 10 Kgf é aplicada inicialmente para preparar o corpo de prova. Isto minimiza o trabalho de preparo da superfície e reduz a tendência para distorções como as que foram vistas nas indentações do ensaio Brinell. Uma carga maior é então aplicada e a profundidade de penetração é registrada automaticamente num mostrador, em termos de números de dureza arbitrários, denominados HR. (MARINHO, 2009, p.3)

Figura 15 - Ensaio de Dureza

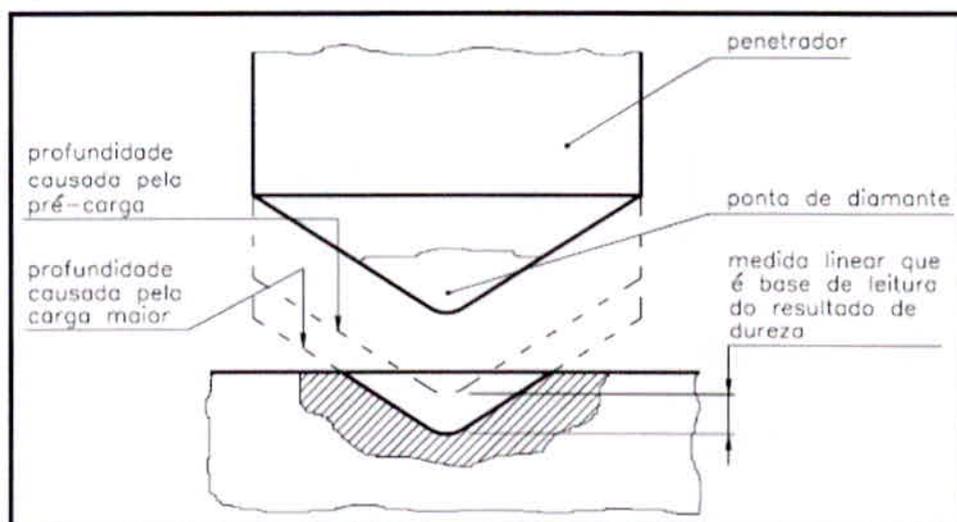


Fonte: Dalcin (2011)

O valor que é indicado na escala do mostrador é a dureza na escala Rockwell. Esse valor corresponde a profundidade alcançada pelo penetrador, subtraindo a recuperação elástica que o material possui, posterior a retirada da carga, e a profundidade da penetração da aplicação da pré-carga.

Vê-se na Figura 16 a representação da profundidade produzida por um penetrador cônico de diamante.

Figura 16 - Penetrador Cônico



Fonte: Dalcin (2011)

Neste ensaio, foi utilizado um Durômetro da marca PANTEC, do fabricante PANAMBRA e modelo RBSM visto na Figura 17.

Figura 17 - Durômetro



Fonte: Panambra (2014)

Foram realizando nove medições de dureza em um corpo de prova composto pela liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20, com um penetrador cônico de 120° e uma pré-carga de 150 kgf. Foram obtidos os seguintes resultados de dureza:

Quadro 3 - Média de Dados de Dureza HRc

Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	MÉDIA DOS ENSAIOS
33 HRc	36 HRc	36 HRc	35,5 HRc	69 Hrc	50 Hrc	32 Hrc	31 Hrc	26 HRc	38,7 HRc

Fonte: Pazini (2011)

Assim, conclui-se que a dureza média em um corpo de prova composto pela liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20 foi de de 38,7HRc.

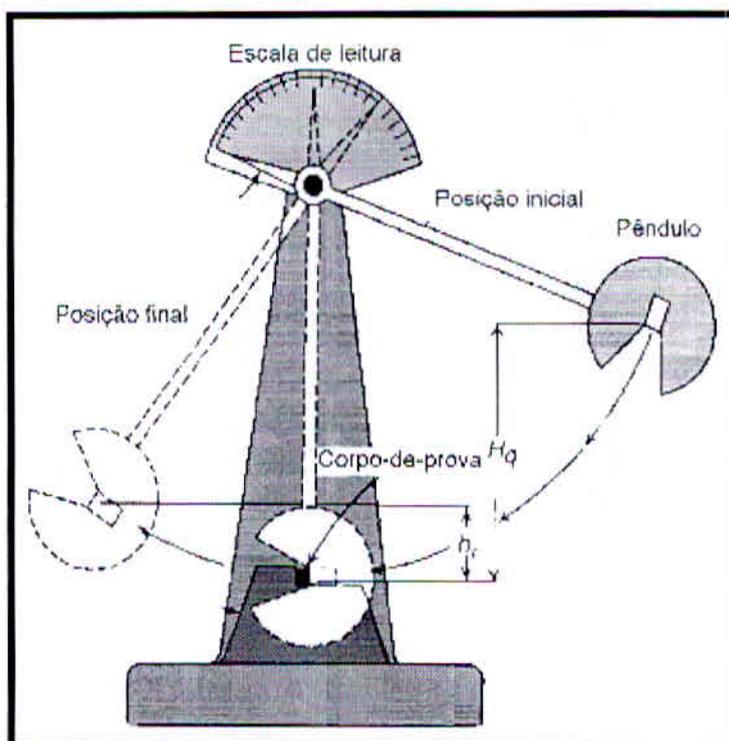
3.3 Ensaio de Impacto

O ensaio de impacto utilizado foi o ensaio *charpy*, onde o ensaio é realizado por um pêndulo de impacto. O corpo de prova é fixado em um suporte, na base da máquina, com a frente entalhada posicionada de costas para o pêndulo. O martelo do pêndulo possui uma borda de aço endurecido que é liberado de uma altura pré-definida, entrando em colisão com o corpo de prova e causando a ruptura. (CIMM, 2010)

O ensaio de impacto caracteriza por submeter ao corpo ensaiado uma força brusca e repentina, que deve romper-lo. Outro fator é a velocidade de aplicação da força, O resultado da força associada com a velocidade se traduz por uma medida de energia absorvida pelo corpo de prova, ou algumas vezes chamada de tenacidade ao entalhe. O pêndulo é elevado a uma certa posição onde adquire uma energia inicial. Ao cair ele encontra no seu percurso o corpo de prova, que se rompe. A sua trajetória continua até certa altura, que corresponde à posição final, onde o pêndulo apresenta uma energia final. A diferença entre a energia inicial e final corresponde à energia absorvida pelo material. A máquina é dotada de uma escala, que indica a posição do pêndulo, calibrada de modo a indicar a energia potencial. (Dalin, 2007, p.34)

Conforme podemos ver na Figura 18.

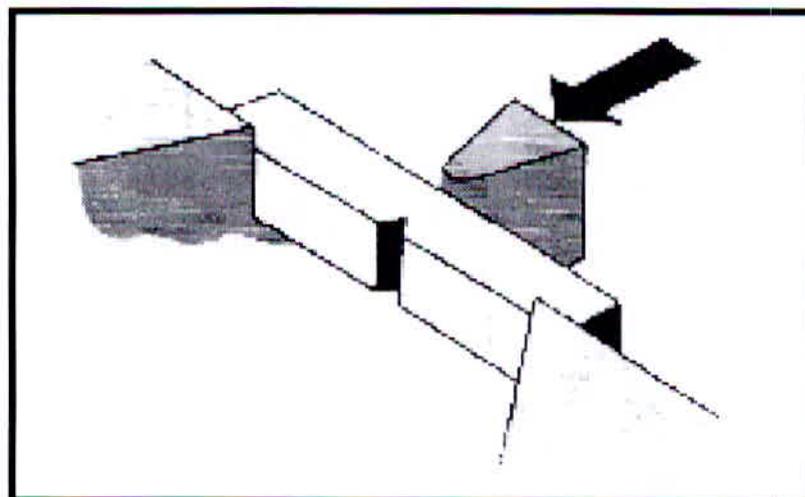
Figura 18 – Impacto Charpy



Fonte: UNESP (2014)

No ensaio Charpy o corpo de prova foi bi-apoiado, com um entalhe chanfrado no centro. O corpo de prova é colocado de modo que o entalhe fique na direção oposta a direção do impacto. O posicionamento do entalhe feito, de maneira que o impacto ocorra na região de maior tensão. (CIMM, 2010) Como mostra a Figura 19.

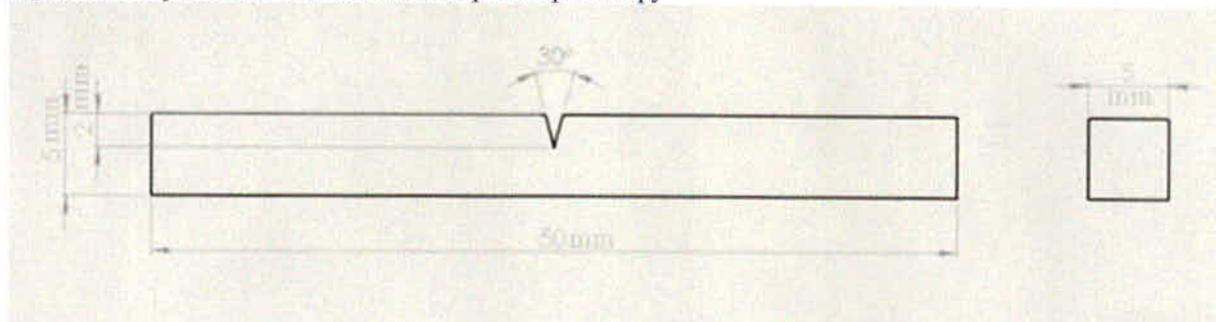
Figura 19 – Impacto no Corpo de Prova



Fonte: UNESP (2014)

O corpo de prova que foi utilizado para o ensaio neste trabalho é composto pela liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20 e tem as dimensões mostradas no desenho segundo a (NBR ISO 148-1, 2013) da Figura 20.

Figura 20 - Corpo de Prova do Ensaio de Impacto tipo Charpy

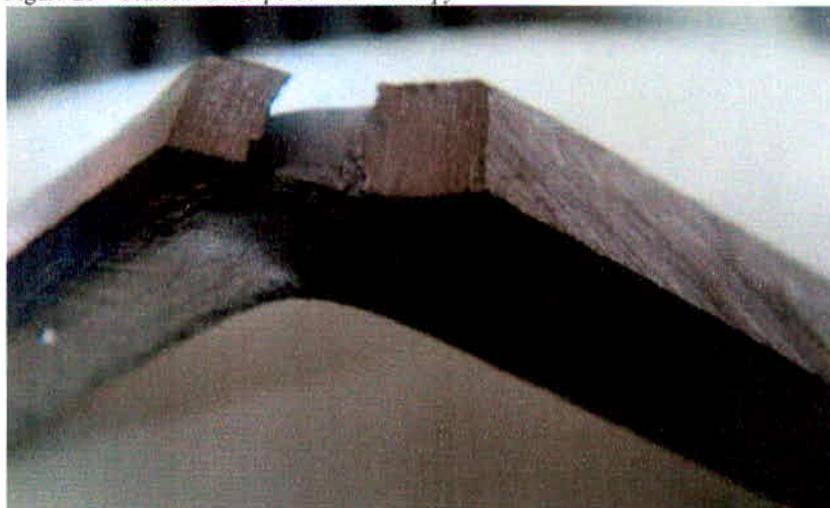


Fonte: O Autor

O teste de impacto foi efetuado a temperatura ambiente no equipamento de ensaios Charpy Wolpert p/w40/15, no laboratório do CREMAT da UNIJUÍ.

O resultado do ensaio apresentou um valor de absorção de impacto de 17 Joules. Vemos a deformação resultante do teste na Figura 21.

Figura 21 – Fratura do Corpo de Prova Charpy



Fonte: Pazini (2011)

3.4 Ensaio Metalográfico Micrográfico

Consiste na análise metalúrgica, com a utilização de microscópio, que permite observar e identificar a granulação do material, a natureza, forma, quantidade e distribuição dos diversos componentes microscópicos ou de certas inclusões ou defeitos. (CORDEIRO, 2013)

Inicialmente um pedaço do material é retirado para este ensaio, onde este é preparado sendo embutido para facilitar o manuseio nos processos seguintes, conforme vemos na Figura 22.

Figura 22 - Embutido a Frio



Fonte: Pazini (2011)

Após o embutimento do corpo de prova, se faz necessário o lixamento da face a ser analisada. Para a obtenção de um lixamento correto e padrão, é necessário o uso adequado da técnica de lixamento.

A operação de polimento posterior ao lixamento tem como finalidade um acabamento superficial polido, espelhado, sem marcas, e para chegar a esse resultado, é utilizado abrasivos como pasta de alumina em uma politriz horizontal.

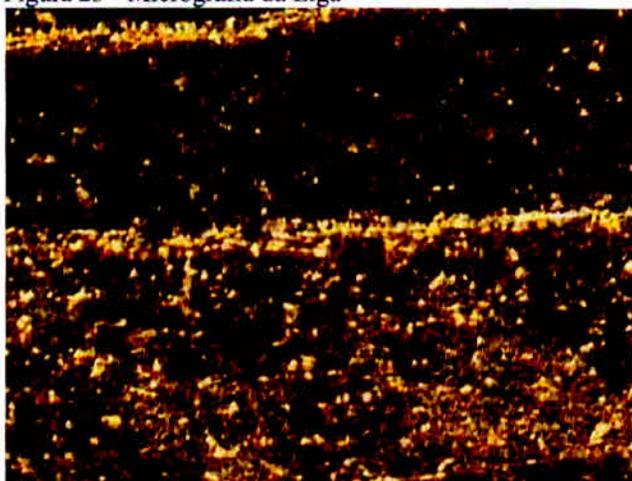
Posteriormente usa-se um ácido, que é colocado sobre a amostra até causar a corrosão da superfície, este depende de qual metal está sendo analisado, para que ocorra uma corrosão adequada.

Após concluir os passos anteriores, o corpo de prova está pronto para o exame microscópico, onde os seus elementos estruturais podem ser distinguidos através da diferenciação de cor, relevo, falhas estruturais como trincas e poros.

Feitos esses procedimentos, podem ser analisadas a seguir as imagens obtidas com o auxílio de um microscópio.

A Figura 23 apresenta o ensaio micrográfico do Aço Damasco SAE 5160 e UHB 15N20.

Figura 23 - Micrografia da Liga



Fonte: Pazini (2011)

A Figura 23 podemos ver que a parte mais escura possui maior concentração de carbono, naquele ponto o carbono está aglomerado.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Após os testes de Dureza feitos com o aço damasco SAE 5160 e UHB 15N20. Desde o princípio sabia-se, como conceitos básicos que esse aço, depois de forjado, teria que apresentar bastante dureza e também grande poder de absorver impactos. Essas conclusões aqui apresentadas podem ser afirmadas se analisarmos o Quadro 4.

Quadro 4 - Propriedades Mecânicas dos Aços Base e da Liga

AÇO	CONDIÇÃO	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (Mpa)	LIMITE DE ESCOAMENTO (Mpa)	ALONGAMENTO (%)	DUREZA (HRC)	IMPACTO (J)
SAE 5160	NORMALIZADO	960	530	17,5	58	11
UHB 15N20	NORMALIZADO	1520 +/- 80	620	11	44	8
SAE 5160 + UHB 15N20	NORMALIZADO	917	685,763	23,63	38,7	17

Fonte: Catálogo Gerdau, Catálogo Bohler e Uddeholm. (2011)

Após analisar os valores de resistência à tração de todos os materiais, pode-se concluir que a liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20 apresenta um menor valor em quase todas as características mecânicas, se comparado aos aços que o compõe, mas o resultado do limite de escoamento apresentou resultado satisfatório, onde a liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20 apresentou valores superiores aos aços que o compõe.

Por ser um aço dúctil o aço damasco teve um limite de escoamento elevado ao mesmo tempo mantendo uma dureza adequada para tal finalidade.

5 CINSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível conhecer muito sobre o aço damasco, sobre sua origem e sobre os seus variados tipos, através dos ensaios foi possível observar como o processo de caldeamento na união de dois aços pode criar um metal de qualidade superior aos metais bases em alguns aspectos.

Foi obtido resultados satisfatórios dos ensaios de tração e de dureza, comprovando que a liga de liga de Damasco SAE 5160 caldeado a um UHB15N20 é excelente para a confecção de facas e laminas, tendo como característica, maleabilidade e dureza perfeitas para essa atuação.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Catalogo. **ABNT NBR 6152:1992**, Disponível em <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=51388>> Acesso em: 04 Dez. 2014.
- ABNT, Catalogo. **ABNT NBR NM 281-1:2003**, Disponível em <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3094>> Acesso em: 04 Dez. 2014.
- ANDRADE, S.A. **Elementos de máquinas ATAT – 429429**, Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAHAH10AE/at429-aula09>> Acesso em: 03 Dez. 2014
- CALLISTER, W.D. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução 7ª Edição**. LTC Editoras.
- CIMM Ensaio **Charpy Mede a Resistência dos Materiais**, Disponível Em <http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/7379-ensaio-charpy-mede-a-resistencia-dos-materiais> Acesso em: 03 Dez. 2014
- CORDEIRO, A. **Materiais para Construção Mecânica II – Laboratório**, Disponível Em <<http://amiltoncordeiro.com.br/materiais/materiaisDois/mat.pdf>> Acesso em: 03 Dez. 2014
- COUTINHO, F.A.B. **One problem and three solutions: The steel of the European, Indo-Persian and Japanese swords compared**, 2008. Disponível em <<http://www.naippe.fm.usp.br/arquivos/hobby/Artigo-2-Indo-Persian-swords-final.pdf>> Acesso em: 24 Set. 2014
- DALCIN, B. Gabrieli. **Ensaios dos Materiais**, Disponível em <http://www.urisan.tche.br/~lemm/arquivos/ensaios_mecanicos.pdf> Acesso em: 6 out. 2011.
- KAPP, Leon, **The Craft of Japanese Sword** First Edition, 1987.
- Making Educated Decision Based, **Damascus Steel History**. Disponível em: <<http://www.steel-suppliers-guide.com/damascus-steel.html>> Acesso em: 20 Jun. 2014.
- MARINHO, J. A. **ENSAIOS MECÂNICOS – DUREZA**, disponível em: <<http://www.fat.uerj.br/intranet/disciplinas/Ensaio%20de%20Materiais/EM05.pdf>> Acesso em: 24 Set. 2014.
- PAZINI, H. **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO SAE 5160 + UHB 15N20**, Disponível em <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/584/TCC%20-%20HENRICO%20PAZINI.pdf?sequence=1>> Acesso em: 25 de Mar. 2014.
- SORDI, L.V. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS Departamento de Engenharia de Materiais Disciplina: 03.070-8 - Ensaios de Materiais**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAav9wAD/ensaio-tracao>> Acesso em: 03 Dez. 2014
- VERHOUEVEN, J. PENDRAY A. **The Mystery of the Damascus Sword**, Volume 2, Number 2, p. 35-43, 1998. Disponível em <<http://houtmannetje.nl/muse.pdf>> Acesso em: 24 Set. 2014.