

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS OBTIDAS NO AÇO DAMASCO E NOS AÇOS BASES SAE 1095 + UHB 15N20

Gabriel Alan Kreutz¹, Rafael Crespo Izquierdo²

Resumo: O aço damasco tem se destacado dentre os materiais utilizados na fabricação de facas artesanais e lâminas em geral. As principais características que se destacam no uso do aço damasco na cutelaria são a boa temperabilidade, a ótima durabilidade do fio e os detalhes típicos na lâmina. O presente trabalho tem como objetivo analisar as propriedades mecânicas de amostras de uma peça de aço damasco obtida no processo de caldeamento, verificando a influência dos aços base SAE 1095 e UHB 15N20 na sua fabricação. A partir do forjamento do aço damasco, foram realizados tratamentos térmicos de normalização, têmpera e revenimento nos corpos de prova utilizados nos experimentos. Assim, os corpos de prova em aço damasco e dos aços bases SAE 1095 e UHB 15N20 foram submetidos aos ensaios mecânicos de impacto, dureza, tração e metalográfico. Os resultados obtidos para o aço damasco foram de, aproximadamente, 57 Rockwell C no ensaio de dureza, de 16 Joules no ensaio *Charpy* e de 1462 MPa no ensaio de resistência à tração. Tais resultados indicam que as propriedades do aço damasco foram iguais ou superiores às propriedades dos aços base, evidenciando que os aços SAE 1095 e UHB 15N20 não influenciam na fabricação do aço damasco.

Palavras-chave: aço damasco; cutelaria; caldeamento; microestrutura; propriedades mecânicas.

1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação do aço damasco baseia-se na soldagem por caldeamento. Esse processo consiste na união de dois diferentes aços, conhecidos na literatura como aços base, os quais são aquecidos a temperaturas próximas às suas temperaturas de fusão e submetidos a choques mecânicos até

1 Bacharel em Engenharia Mecânica - Universidade do Vale do Taquari - Univates - gkreutz@universo.univates.br

2 Doutor em Engenharia Mecânica - Universidade do Vale do Taquari - Univates - rafael.izquierdo@univates.br

se obter a união entre os dois materiais. O processo requer o uso de solda para que não ocorram falhas na peça.

Segundo Martins, Milanez e Peruch (2018), as propriedades mecânicas e as características do aço damasco são diferenciadas conforme os aços base empregados em sua confecção. Sendo assim, um ponto importante na fabricação do aço damasco é misturar aços que não contenham somente diferentes teores de carbono, mas também diferentes elementos de liga, tornando o aço damasco produzido ainda mais singular e com características mecânicas excepcionais.

O aço damasco caracteriza-se pela presença de manchas e tiras de diferentes tonalidades em sua superfície, as quais são conferidas pela união de dois metais distintos. A combinação dos aços SAE 1095 e UHB 15N20, que é analisada neste artigo, é muito utilizada na fabricação do aço damasco, uma vez que confere ótimos resultados quanto às propriedades mecânicas e ao aspecto visual (DAVIDSON, 2016).

O aço SAE 1095 é constituído de um alto teor de carbono em sua composição, caracterizando-se pela alta dureza, resistência à abrasão e comportamento frágil. Trata-se de um material muito requisitado por possuir propriedades mecânicas adequadas para o ferramental de corte, sendo o aço responsável pelo fio da lâmina (LUZ, 2019). Para Filho (2019), o aço UHB 15N20 possui alto teor de níquel em sua composição, na ordem de 2,0 %; apresenta nível de dureza média, boa resistência à fadiga e boa tenacidade. Uma das principais contribuições do aço UHB 15N20 nas propriedades do aço damasco é aumentar a resistência mecânica e a capacidade de resistir a ataques químicos.

Um dos aspectos que é comumente abordado na literatura refere-se à análise das propriedades mecânicas no caldeamento do aço damasco. Em Moreno (2019), é desenvolvido um estudo para avaliar as propriedades mecânicas obtidas no caldeamento do aço damasco por meio dos aços SAE 1095 e UHB 15N20. No estudo de Martins, Milanez e Peruch (2018), as características mecânicas do aço damasco são analisadas utilizando os aços SAE 5160 e SAE 1020 no processo de caldeamento. Esses estudos são alguns dos exemplos que evidenciam a necessidade de se investigar a influência do processo de caldeamento e a escolha dos aços bases nas propriedades mecânicas do aço damasco.

O presente trabalho discorre sobre as etapas do processo de caldeamento, unindo por microfusão os aços base SAE 1095 e UHB 15N20; sobre os tratamentos térmicos de normalização, têmpera e revenimento; e sobre os ensaios mecânicos e microestruturais necessários para a determinação das propriedades mecânicas do aço damasco. Essa pesquisa tem como objetivo analisar e comparar as propriedades mecânicas do aço damasco com as propriedades de seus aços base, a fim de verificar maior dureza e durabilidade do aço damasco após o caldeamento.

2 DESENVOLVIMENTO

A metodologia proposta para a confecção dos corpos de provas e para a análise das propriedades mecânicas do aço damasco e dos aços bases SAE 1095 e UHB 15N20 compreendem as etapas de caldeamento do aço damasco, de confecção e tratamento térmico dos corpos de prova e dos procedimentos para realização de ensaios mecânicos e metalográficos. Maiores detalhes sobre os processos apresentados a seguir podem ser encontrados em Kreutz (2022).

2.1 CALDEAMENTO DO AÇO DAMASCO

Antes de iniciar o processo de caldeamento, foi realizada a montagem de um tarugo (*billet*) em forma de sanduíche, alternando-se os metais bases (SAE 1095 e UHB 15N20) e soldando-se as chapas para que elas não se movimentassem durante o processo (ver Figura 1a). No processo de caldeamento, o *billet*³ foi aquecido em uma forja a uma temperatura de aproximadamente 1200 °C. Antes que o bloco atingisse essa temperatura de trabalho, foi aplicado um fluxo de solda bórax em sua superfície, eliminando-se a possibilidade de contaminação pelo meio externo. Alcançada a temperatura ideal, o bloco foi submetido a choques mecânicos que deram início ao caldeamento (ver Figura 1b). Concluída a primeira etapa, o *billet* foi cortado e dividido em partes, formando novamente um sanduíche de camadas; repetiu-se todo o processo, até que se obtivesse a quantidade de camadas desejadas em um único bloco. A Figura 1c apresenta o *billet* em aço damasco na sua forma final.

3 Entende-se por *billet* o tarugo, em forma de sanduíche, que é formado alternando-se camadas dos metais bases.

Figura 1 - Processo de caldeamento: em (a) *billet* dos aços SAE 1095 e UHB 15N20; em (b) preparação do *billet* na prensa hidráulica e em (c) *billet* em aço damasco na forma final.



Fonte: Dos autores, 2022.

2.2 CORPOS DE PROVA E TRATAMENTO TÉRMICO

Após realizado o caldeamento do aço damasco, a próxima etapa desenvolvida foi a confecção dos *billets* dos aços base. Como os aços SAE 1095 e UHB 15N20 foram adquiridos somente em forma de chapas, por não se apresentarem comercialmente na forma de barras, foi realizado o forjamento para formar os *billets* destes aços. A Figura 2 ilustra os *billets* dos aços SAE 1095, UHB 15N20 e damasco.

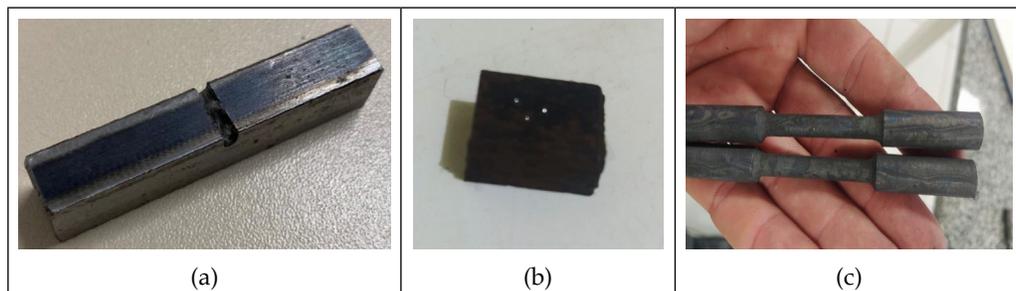
Figura 2 - *Billet* de aço SAE 1095, de aço UHB 15N20 e de aço damasco.



Fonte: Dos autores, 2022.

Os corpos de prova foram preparados a partir dos *billets* apresentados na Figura 2. Os procedimentos para a confecção dos corpos de prova foram realizados após os tratamentos térmicos de normalização e recozimento para ambos os aços analisados. Os corpos de provas finalizados foram submetidos aos processos de têmpera e revenimento. A Figura 3 apresenta os corpos de prova utilizados nos ensaios mecânicos.

Figura 3 - Corpos de prova: em (a) ensaio *Charpy*; em (b) ensaio *Rockwell C* e metalografia; e em (c) ensaio de tração.



Fonte: Dos autores, 2022.

2.3 ENSAIOS MECÂNICOS E METALGRÁFICOS

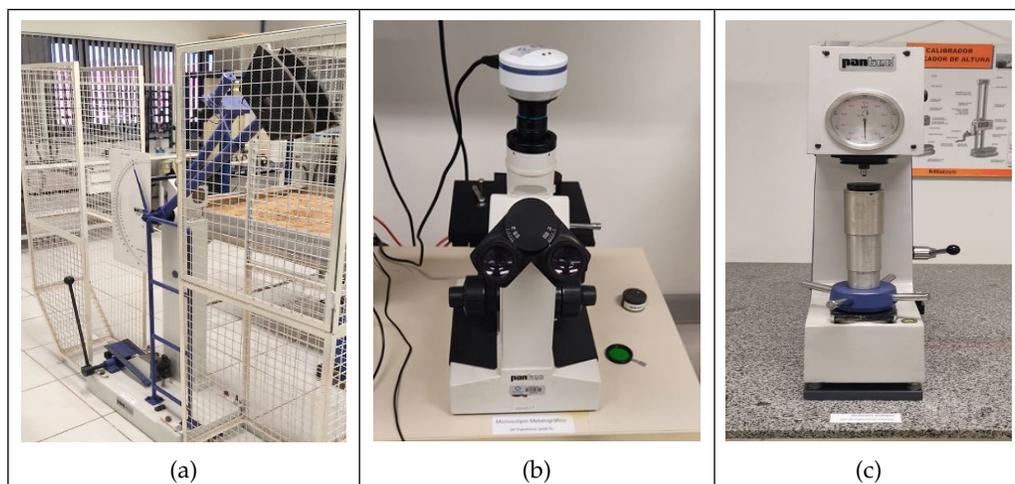
Com a finalidade de analisar as propriedades mecânicas do aço damasco e de seus respectivos aços bases, os corpos de provas foram submetidos aos ensaios mecânicos de tração, dureza, impacto e metalográfico. Todos os ensaios foram executados no laboratório de Mecânica da Univates.

A realização do ensaio de tenacidade ao impacto *Charpy* ocorreu de acordo com os critérios estabelecidos na norma NBR NM 281-1 (ABNT, 2003). Os ensaios foram feitos em um martelo pêndulo, apresentado na Figura 4a.

Para a realização do ensaio metalográfico, os corpos de prova foram cortados na cortadora metalográfica, com dimensões de 10 x 10 x 3 mm. Após o procedimento de embutimento, iniciou-se o processo de limpeza do corpo de prova e preparação para a análise microscópica. A Figura 4b mostra o corpo de prova embutido e o microscópio metalográfico utilizado nas análises.

Os ensaios de dureza foram realizados em um durômetro de bancada analógico da marca Pantec. Foram utilizados neste ensaio os mesmos corpos de prova preparados para o ensaio metalográfico, que já possuíam uma base adequada para apoio no durômetro. Para a realização do ensaio, introduziu-se uma pré-carga de força e, após a leitura, a carga principal foi liberada. O equipamento indica a dureza do material diretamente no relógio analógico, como apresenta a Figura 4c.

Figura 4 - Ensaio mecânicos: em (a) martelo pêndulo; em (b) microscópio metalográfico e o corpo de prova embutido; e em (c) durômetro de bancada.



Fonte: Dos autores, 2022.

Os ensaios de tração foram realizados no equipamento Pantec Versat (FIGURA 5), que apresenta capacidade de carga de 100 kN e controle por *software* digital Tesc. O corpo de prova foi fixado na máquina no sentido vertical, e as medidas do corpo de prova foram inseridas no *software* para a análise dos resultados.

Figura 5 - Equipamento para ensaio de tração



Fonte: Dos autores, 2022.

3 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos nos ensaios experimentais, avaliando as propriedades mecânicas e metalográficas dos aços SAE 1095 e UHB 15N20 e do aço damasco.

O ensaio de dureza *Rockwell C* permitiu observar um melhor resultado para o aço damasco, comparado aos seus aços base. Foram realizadas as medições em 3 pontos de cada material para garantir maior confiabilidade. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de dureza *Rockwell C*

Material	Amostra 1 (HRC)	Amostra 2 (HRC)	Amostra 3 (HRC)	Média final (HRC)
UHB 15N20	58	57	58	58
SAE 1095	47	46	47	47
Aço damasco	58	57	57	57

Fonte: Dos autores (2022).

Como se observa na Tabela 1, os valores de dureza não apresentaram grandes diferenças para cada tipo de aço. A maior variação foi observada no aço SAE 1095, que apresentou dureza inferior à dos demais. Observou-se que os valores de dureza encontrados para os aços base ficaram dentro dos valores estabelecidos pelos fabricantes. Além disso, constatou-se que a dureza apresentada pelo aço damasco ficou muito próxima da apresentada pelo aço base UHB 15N20. Tais valores de dureza são considerados muito bons para aplicação em ferramenta de corte.

Os resultados do ensaio de tração foram obtidos a partir do rompimento dos corpos de prova submetidos à tração, cujo esforço e comportamento são lidos e traduzidos por meio de *software*. A Tabela 2 apresenta os principais dados coletados durante o ensaio: a resistência máxima, o deslocamento máximo e a força máxima dos materiais.

Tabela 2 - Dados gerados a partir do ensaio de tração

Material	Área CP (mm ³)	Força máx. (N)	Resistência máx (MPa)	Deslocamento (mm)
Aço UHB 15N20	31570	40021	1267	5,059
Aço UHB 15N20	31570	38038	1204	5,020
Aço SAE 1095	30540	33974	1112	4,910
Aço SAE 1095	30680	33105	1079	4,830
Aço damasco	30191	44138	1462	5,544
Aço damasco	30676	44588	1454	5,204

Fonte: Dos autores (2022).

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que o material que apresentou maior deslocamento foi o aço damasco, com 5,544 mm. Esse alongamento deve-se ao fato de o corpo de prova exigir maior força aplicada antes da ruptura. O principal resultado observado neste ensaio é a resistência à tração dos materiais, para a qual o aço damasco apresentou os melhores resultados dentre os três materiais analisados, com grandeza na ordem de 1462 MPa.

O ensaio *Charpy* verificou os resultados de resistência ao impacto apresentados pelos metais base e pelo aço damasco. Foram realizados dois testes para cada material, à temperatura ambiente. Com esse ensaio, verificou-se que praticamente todos os corpos de prova apresentaram fratura frágil, com pouca energia absorvida, como pode-se observar na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos nos ensaios *Charpy*

ENSAIOS	SAE 1095	UHB 15N20	DAMASCO
TESTE 1	18 J	16 J	16 J
TESTE 2	17 J	16 J	16 J

Fonte: Dos autores (2022).

Analisando-se os corpos de provas rompidos, foi possível observar que os materiais sofreram fratura no local desejado, sem trincas em outras áreas da peça (FIGURA 6). Os três materiais ensaiados sofreram fratura frágil, com visíveis marcas do sargento, ocasionando trincas que se propagaram pelo material, e são visíveis a olho nu. Foi possível verificar que a fratura que se propagou por clivagem é característica de metais frágeis, como é mencionado por Souza (1982), ocorrendo principalmente em materiais temperados.

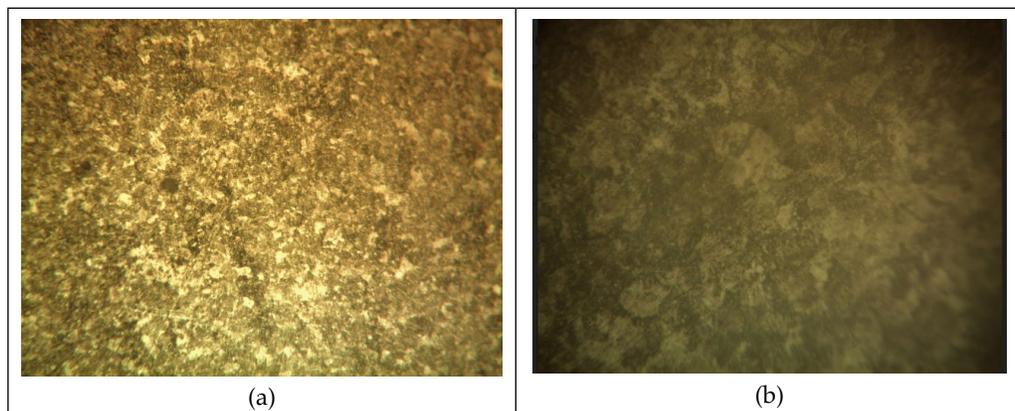
Figura 6 - Corpo de prova do ensaio *Charpy*, com fratura frágil



Fonte: Dos autores (2022).

O ensaio de metalografia possibilitou captar imagens das microestruturas dos aços base SAE 1095 e UHB 15N20 e do aço damasco. As imagens metalográficas permitiram observar as fases constituintes de cada material. Essa observação foi realizada com microscópio digital, com câmera acoplada, e lentes que permitem aumento de 400 e de 1000 vezes. Na Figura 7 podem ser observadas as imagens da micrografia do aço SAE 1095. Observou-se na estrutura grande presença de martensita, que corresponde às áreas mais escuras e lamelar, e, também, a presença de cementita, correspondente às áreas mais claras e retidas.

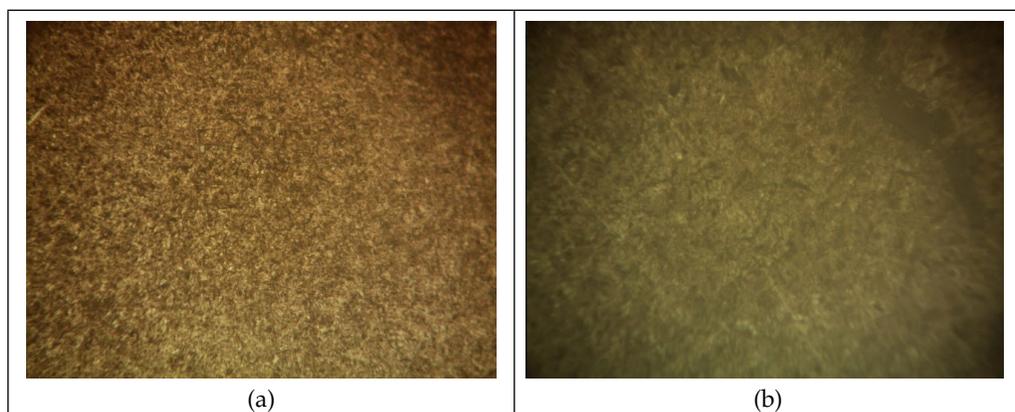
Figura 7 - Imagens metalográficas do aço SAE 1095: em (a) ampliação em 400 vezes; em (b) ampliação em 1000 vezes.



Fonte: Dos autores (2022).

Na microestrutura do aço UHB 15N20, que possui uma porcentagem menor de carbono, observou-se a presença significativa de martensita, correspondente às áreas mais escura com lamelas. A cementita foi observada em menor quantidade, correspondente às áreas mais claras das imagens. A Figura 8 ilustra tais microestruturas nas imagens metalográficas.

Figura 8 - Imagens metalográficas do aço UHB 15N20: em (a) ampliação em 400 vezes; em (b) ampliação em 1000 vezes.

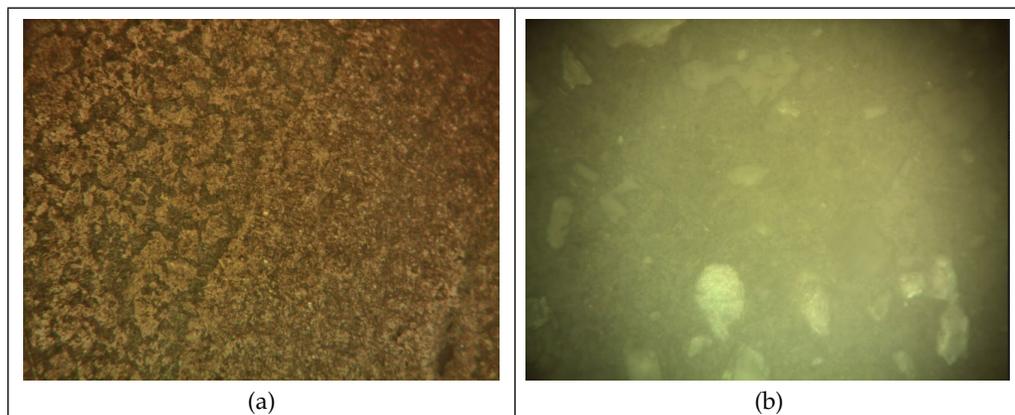


Fonte: Dos autores (2022).

Quanto à análise metalográfica realizada no aço damasco, foi possível observar que o processo de caldeamento realizado, unindo dois aços distintos, obteve uma fusão efetiva dos aços base, não sendo possível perceber descontinuidades no material. Por meio da análise da microestrutura,

observou-se que os dois materiais formam uma única liga, sem pontos de falha ou microfissuras. A Figura 9 ilustra a microestrutura observada no aço damasco produzido.

Figura 9 - Imagens metalográficas do aço damasco: em (a) ampliação em 400 vezes; em (b) ampliação em 1000 vezes.



Fonte: Dos autores (2022).

4 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo produzir um aço damasco a partir dos aços base SAE 1095 e UHB 15N20, e analisar as propriedades mecânicas e microestruturais, comparando-se o aço damasco com os seus aços base. Os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando que o aço damasco é uma ótima escolha para a fabricação de facas artesanais. Uma das principais características observadas neste trabalho foi a boa dureza alcançada pelo aço damasco, aliada à boa resistência ao desgaste.

Os ensaios mecânicos realizados comprovaram a qualidade do aço damasco obtido. O material apresentou resistência à tração na ordem de 1462 MPa, maior que as dos aços base. Por meio do ensaio de tração, observou-se que a força máxima suportada pelo aço damasco foi de 44588 N, enquanto a de seus aços base não passaram de 40021 N. Além disso, o aço damasco também apresentou boa dureza, com uma média de 57,3 HRC, contra 57,6 HRC no aço 15N20 e 46,6 HRC no aço 1095.

O ensaio metalográfico do aço damasco revelou que o caldeamento dos aços base foi realizado com sucesso, seguindo os processos apresentados em materiais e métodos, e não ocasionou a presença de falhas ou óxidos na linha de caldeamento. Por fim, o ensaio *Charpy* teve seus resultados muito próximos entre os aços base e o aço damasco, por se tratar de materiais temperados e apresentarem uma fratura frágil, com pouca energia absorvida.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 281-1: Materiais metálicos – Parte 1: Ensaio de impacto por pêndulo Charpy**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2003.

DAVIDSON, M. **Damascus Steel, A Beginner's Guide**. 2016. Disponível em: <<http://knifeinformer.com/damascus-steel-a-beginners-guide>>. Acesso em: 03 mai. 2021.

KREUTZ, G. A. **Estudo das propriedades mecânicas obtidas no aço damasco SAE 1095 + UHB15N20 na fabricação de facas artesanais**. Universidade do Vale do Taquari – Univates. Lajeado, RS, 2022.

LUZ, G. **Aço SAE 1095 - Propriedades Mecânicas e Composição Química**. 2019. Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1095-propriedades-mecanicas.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

MARTINS, J. H; MILANEZ, A; PERUCH, F. **Avaliação das propriedades mecânicas do aço damasco SAE 5160 com SAE 1020 para fabricação de facas artesanais**. Santa Catarina, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.satc.edu.br/handle/satc/329>>. Acesso em: 12 out. 2021.

MORENO, A. M. **Estudo das propriedades mecânicas e estruturais do aço damasco resultante do caldeamento do aço SAE 1095 e UHB15N20**. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, MA: 2019.

FILHO, A. F. **Aços utilizados na cutelaria**. Siderurgia: A revista de negócios do aço, São Paulo: Grips, ano 20, ed. 134, p. 29-35, 2019.

SOUZA, S. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5 ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1982.