

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**

**EDUARDO BOSZCZOVSKI NETO**

**ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO PARA  
DESENVOLVIMENTO DE UM CUTELO**

**CASCADEL - PR  
2020**

**EDUARDO BOSZCZOVSKI NETO**

**ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO PARA  
DESENVOLVIMENTO DE UM CUTELO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso **II**, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador: Carlos Alberto Breda**

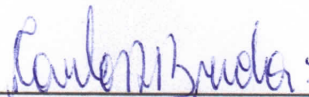
**CASCADEL - PR  
2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ  
EDUARDO BOSZCZOVSKI NETO**

**ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO PARA  
DESENVOLVIMENTO DE UM CUTELO**

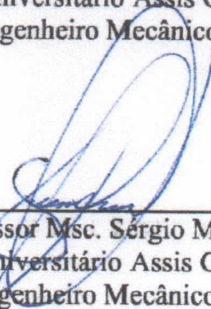
Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Msc. Carlos Breda

**BANCA EXAMINADORA**




---

Orientador Prof. Msc. Carlos Breda  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



---

Professor Msc. Sérgio Mota  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico

  
Prof. Geovane Duarte Pinheiro  
Coordenador de Engenharia Mecânica  
Portaria nº 13/2017, de 17/07/2017  
Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG

---

Professor Especialista Geovane Pinheiro  
Centro Universitário Assis Gurgacz

Cascavel, 01 de Dezembro de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, meus irmãos, minha namorada, familiares e amigos pelo apoio oferecido nessa longa jornada, destino-lhes essa conquista como gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pela força e persistência nessa longa jornada.

A minha família por todo suporte, incentivo e amor incondicional nessa etapa de minha vida.

A minha namorada por todo apoio e compreensão nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Carlos Alberto Breda por todos os ensinamentos passados no pouco tempo que lhe coube.

E a todos que de forma direta ou indireta fizeram parte desse período de formação.

**Muito Obrigado!**

## RESUMO

O aço é uma liga mecânica muito utilizada em vários setores da engenharia, sendo obtida através de um trabalho específico de metalurgia que transforma o ferro em aço, na classe dos aços existem diversas variações de composição diferenciando suas estruturas mecânicas, dentro dessas classes estão o aço inox e o aço carbono. A presente pesquisa tem como objetivo examinar as características físicas e mecânicas das ligas de aços carbono SAE 1070, e do inox 420 para utilização em cutelaria. Os métodos deste trabalho são apresentados de forma separada em tópicos, na primeira parte são detalhados os processos de obtenção de cada um dos dois aços, na segunda parte são retratados os procedimentos realizados em laboratório como tratamento térmico (têmpera), análise dos metais antes e após a têmpera e ensaio de dureza. Por fim, na terceira parte são apresentados os resultados alcançados na pesquisa definindo o melhor material para ser usado em cutelaria.

**Palavras-chave:** Cutelaria. Aço. Dureza. Inox. Têmpera.

## **ABSTRACT**

Steel is a mechanical alloy widely used in various sectors of engineering, being obtained through a specific work of metallurgy that turns iron into steel, in the class of steels there are several variations of composition differentiating their mechanical structures, within these classes are steel stainless steel and carbon steel. This research aims to examine the physical and mechanical characteristics of SAE 1070 carbon steel and 420 stainless steel alloys for use in cutlery. The methods of this work are presented separately in topics, in the first part the processes for obtaining each of the two steels are detailed, in the second part the procedures performed in the laboratory are portrayed as heat treatment (tempering), analysis of metals before and after hardening and hardness testing. Finally, in the third part the results achieved in the research are presented, defining the best material to be used in cutlery.

**Keywords:** Cutlery. Steel. Hardness. Stainless steel. Temper.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Facas em aços inox e carbono. ....	16
<b>Figura 2:</b> Durômetro de bancada Mitutoya .....	22
<b>Figura 3:</b> Amostra dos aços SAE 1070 e aço Inox 420.....	25
<b>Figura 4:</b> Apresenta as amostras dos aços depois de cortadas antecedendo o tratamento térmico .....	26
<b>Figura 5:</b> Forno de alta temperatura com controlador digital .....	27
<b>Figura 6:</b> Aquecimento da peça do aço SAE 1070 em forno de alta temperatura .....	27
<b>Figura 7:</b> Aquecimento da peça do Inox 420 em forno de alta temperatura .....	28
<b>Figura 8:</b> Amostras após o tratamento térmico .....	29
<b>Figura 9:</b> Durômetro.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Características dos elementos de liga adicionado no aço SAE 1070 e inox 420 ....	17
<b>Tabela 2:</b> Orientação para se interpretar a classificação SAE e AISI .....	18
<b>Tabela 3:</b> Composição química em porcentagem do aço SAE 1070 .....	18
<b>Tabela 4:</b> Composição do Inox 420.....	20
<b>Tabela 5:</b> Indicação de aplicação de dureza Rockwell.....	21
<b>Tabela 6:</b> representa as temperaturas que se utiliza para tratamento térmico dos materiais estudados na pesquisa.....	23
<b>Tabela 7:</b> Indicação de aplicação de dureza Rockwell.....	29
<b>Tabela 8:</b> Ensaio de dureza Rockwell no SAE 1070.....	31
<b>Tabela 9:</b> Ensaio de dureza Rockwell no Inox 420 .....	31
<b>Tabela 10:</b> Dureza média dos referidos aços em estudo.....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**AISI** – American Iron and Steel Institute

**C** – Carbono

**Cr** - Cromo

**INOX** – Aço Inoxidável

**Mn** – Manganês

**Mo** – Molibdênio

**Ni** – Níquel

**P** – Fósforo

**S** - Enxofre

**SAE** – Society of Automotive Engineers

**Si** - Silício

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivo Específicos .....</b>	<b>13</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	13
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1 CUTELARIA .....	15
2.2 AÇOS .....	16
<b>2.2.1 Aço Carbono 1070 .....</b>	<b>18</b>
2.3 INOX .....	19
<b>2.3.1 Inox 420 .....</b>	<b>19</b>
2.4 DUREZA .....	20
<b>2.4.1 Método de Dureza Rockwell.....</b>	<b>20</b>
2.5 RESISTÊNCIA MECÂNICA.....	22
2.6 TRATAMENTO TÉRMICO .....	22
2.7 TÊMPERA.....	23
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
<b>3.1.1 Obtenção das Amostras .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2 Tratamento Térmico (Têmpera).....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3 Ensaio de dureza Rockwell.....</b>	<b>29</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	33
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, os metais são essenciais na vida do ser humano, sendo utilizados em vários processos de fabricação dos meios de consumo e produção. Dentre esses processos de fabricação, encontra-se o ramo da cutelaria, responsável pela produção de facas e objetos de ponta que são indispensáveis à vida de qualquer pessoa.

Com o passar do tempo, as técnicas e os processos de cutelaria evoluíram excessivamente, fazendo com que a escolha do material correto e o tratamento térmico fosse imprescindível no momento de fabricar uma boa lâmina. Assim, a partir dessas circunstâncias, houve o surgimento de diferentes ligas metálicas que com o objetivo de atender, da melhor forma, a necessidade do couteleiro.

Após a escolha do material, a cutelaria artesanal é fundamentada em processos sequenciais para confecção de uma lâmina, esses processos são conhecidos como, forjamento, esmerilhamento, tratamento térmico e acabamento.

Portanto, este trabalho visa destacar a análise comparativa realizadas em dois aços normalmente utilizados em cutelaria, através de experimento e ensaio mecânico, após essa etapa definir qual aço oferece as melhores características.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem o intuito de realizar análise de dois diferentes tipos de aços usados na cutelaria, o aço SAE 1070 e o aço inox 420, empregando ensaios mecânicos, através da medição e avaliação de cada um deles.

### 1.1.2 Objetivo Específicos

- Estudar a propriedade dos aços após ser submetido ao tratamento térmico;
- Analisar a resistência em função da sua aplicação;
- Relatar os resultados obtidos com o tratamento térmico através do ensaio de dureza;
- Analisar o tratamento térmico em que foram submetidos os respectivos materiais;
- Apresentar os resultados detalhados da pesquisa.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho se justifica pela necessidade do estudo do aço ideal no momento da fabricação de uma faca, com a finalidade de atender as necessidades do cuteleiro, para produção de facas mais apropriadas.

## 1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Na fabricação de facas, há vários materiais a serem usados, porém a escolha de uma liga metálica ideal é de suma importância.

Para explicitar de forma satisfatória o problema da presente pesquisa, faz-se o seguinte questionamento:

Entre o aço carbono SAE 1070 e o aço inox 420, qual é o melhor metal para cutelaria?

## 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O tema da pesquisa foi motivado pela busca da liga metálica com melhor propriedade mecânica no momento da fabricação de objetos de cutelaria. Os aços ora mencionados foram escolhidos para o estudo por serem duas ligas de fácil acesso no mercado e com um baixo custo. O presente trabalho teve o período de pesquisa de nove meses entre pré-projeto, pesquisa e projeto conclusivo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CUTELARIA

Cutelaria é o trabalho de fabricação de instrumentos de corte ou perfuração, sendo eles facas, facões, espadas, machados, punhais, navalhas, entre outros. Para fabricação desses instrumentos, há diversas classes de materiais disponíveis no mercado, entre eles estão metais, porcelanas, dentre outros tantos.

A cutelaria nasceu na antiguidade devido a necessidade de materiais cortantes para o desenvolvimento humano, é uma das profissões mais antigas do mundo e foi potencializado após a Revolução Industrial, com o início da produção em larga escala.

A fabricação de lâminas e outros objetos de corte, pode ser feita por meios artesanais ou industriais. Sendo assim, em qualquer processo de produção um passo a passo é muito importante para o seu desenvolvimento.

A diferença entre o processo artesanal e industrial se dão pelo método de obtenção de cada ferramenta fabricada, sendo que no processo industrial o projeto de lâmina é feito em escala maior através de tecnologias e equipamentos, podendo fabricar várias em um pequeno espaço de tempo. No processo artesanal, são fabricadas de formas totalmente manufaturadas em pequena quantidade, uma a uma.

A escolha do material a ser usado no momento da fabricação se dá pela necessidade do propósito para o desejado trabalho. O material mais usado hoje na confecção de facas é a liga do aço, a qual é subdividida em várias classes, diferenciando a propriedade mecânica de cada uma. Cada aço selecionado atende uma necessidade diferente no domínio da cutelaria, segundo Marcos Soares CABETE, alguns países, como o Brasil, exigem o uso do inox em cozinhas de restaurantes e açougues, com a finalidade de dificultar a contaminação, outros países não fazem estas exigências, sendo possível usar lâminas de aço carbono, uma vez que existem técnicas de higienização para cada material. Posteriormente no trabalho, será dado mais destaque aos aços e suas distinções.

Um processo muito comum nesse meio é o forjamento, onde o material é aquecido na forja e martelado até alcançar a forma esperada. Para CHIAVERINI (ano 1986, p.73), forjamento é o processo de conformação mecânica pelo martelamento ou pela prensagem.

Outro procedimento importante, é o esmerilhamento onde todas as imperfeições do material serão removidas, além do mais, é o momento onde será criado o ângulo de corte.

Segundo CHIAVERINI (ano 1986, p.221), o processo de usinagem por abrasão incluindo o esmerilhamento é a etapa em que a quantidade de metal em excesso é retirada, com o objetivo de finalizar a peça nos padrões ideais não alcançados em outros processos de conformação mecânica. Além disso, há o processo de dar acabamento na peça como polimento, brilho, afiação e a instalação do cabo da lâmina

Na sequência, temos o tratamento térmico do material conhecido como têmpera, que será dado ênfase mais adiante no trabalho. Segundo CHIAVERINI (ano 1986, p.240), tratamento térmico é um processo de aquecimento ou resfriamento, com o objetivo de aliviar as tensões do material, e aumentar ou diminuir a dureza do mesmo.

A figura 1 evidencia os dois metais mais empregados na cutelaria, o tom manchado é a principal característica que difere o aço carbono do aço inox, se tratando em conteúdo de aparência.



**Figura 1:** Facas em aços inox e carbono.

(Fonte: João Makray, 2017)

## 2.2 AÇOS

Segundo Scheid (2010, p. 62), os aços são ligas metálicas de ferro-carbono variando o carbono em até 2% em peso total. É um material muito usado na fabricação dos bens de consumo e de produção em vários setores, tais como: indústrias, automóveis, construção civil, fabricação de máquinas e ferramentas, entre outros meios.

Atualmente, no mercado existem diversos tipos de aços, assim cada um deles possui diferentes substâncias na sua composição, podendo variar em sua estrutura e característica mecânica.

O seu principal componente é o “ferro”, sendo obtido na siderurgia através de um trabalho específico de metalurgia que transforma ferro em aço.

Os elementos químicos que acompanham o aço, além do ferro, como carbono, manganês, fósforo, enxofre, níquel, cromo e outros, são grandes responsáveis por uma imensa diversidade de classes e propriedades do aço. Cada elemento acrescentado ao aço gera um efeito diferente, sendo capaz de alterar o material para condições específicas de uso. O carbono, por exemplo, está diretamente ligado com a dureza do material, portanto, quanto mais alto o teor de carbono, mais duro será o material (TSCHIPTSCHIN, 2019).

De acordo com a tabela a seguir será evidenciado a função dos principais elementos de liga existente nos aços:

**Tabela 1:** Características dos elementos de liga adicionado no aço SAE 1070 e inox 420

<b>Elementos</b>	<b>Características dos elementos de liga</b>
Carbono (C)	- Aumento da resistência; - Aumento da dureza; - Redução da ductibilidade; - Aumento da temperabilidade; - Redução da soldabilidade;
Manganês (Mn)	- Aumento da resistência; - Aumento da dureza; - Ação desoxidante;
Fósforo (P)	- Aumento da resistência; - Aumento da dureza; - Redução da ductibilidade;
Enxofre (S)	- Redução da ductibilidade; - Redução da soldabilidade;
Silício (Si)	- Aumento da resistência; - Aumento da dureza; - Ação desoxidante;
Níquel (Ni)	- Aumento da resistência ao impacto; - Aumento da resistência em altas temperaturas; - Aumento da resistência a corrosão;
Cromo (Cr)	- Aumento da temperabilidade; - Aumento da resistência a corrosão; - Aumento da resistência a abrasão;
Molibdênio (Mo)	- Aumento da resistência em altas temperaturas; - Aumento da temperabilidade.

(Fonte: Adaptado de Rscplabats/demec/ufpr/2017)

Dentro desses inúmeros aços existentes, há uma subdivisão em dois grandes grupos, os aços carbonos e os aços ligados, aos quais o aço inox é pertencente.

### 2.2.1 Aço Carbono 1070

Para favorecer o entendimento os inúmeros gêneros de aços existentes podem ser classificados conforme o sistema de codificação SAE/AISI, que utiliza normalmente quatro números na forma ABXX em que, A e B são algarismos que distinguem os principais elementos de ligas presentes no aço e seus teores, dados em porcentagem de peso. Todavia, os números XX indicam a porcentagem em peso de carbono do aço multiplicado por 100.

A tabela 2 apresenta alguns exemplos de nomenclatura de acordo com a especificação de cada aço.

**Tabela 2:** Orientação para se interpretar a classificação SAE e AISI

SAE	AISI	Tipo de aço
10XX	C 10XX	Aços-carbonos comuns
13XX	13XX	Aços-manganês com 1,75% de Mn
23XX	23XX	Aços-níquel com 3,5% de Ni
25XX	25XX	Aços-níquel com 5,0% de Ni
31XX	31XX	Aços-níquel-cromo com 1,25 de Ni e 0,65% de Cr
40XX	40XX	Aços-molibdênio com 0,25 de Mo

(Fonte: Adaptado de CUNHA; CRAVENCO, 2006).

O SAE 1070 é uma liga metálica com alto teor de carbono, muito utilizado na cutelaria por ser um metal com alta dureza e resistência ao desgaste, é usado também em misturas com outros aços com a finalidade de formar o aço damasco, encontrado na cutelaria artesanal em facas customizáveis.

A tabela 3 apresenta de forma detalhada a composição da liga SAE 1070.

**Tabela 3:** Composição química em porcentagem do aço SAE 1070

<b>Carbono (C)</b>	0,65 – 0,75%
<b>Manganês (Mn)</b>	0,6 – 0,9%
<b>Silício (Si)</b>	0,22%

(Fonte: Tabela adaptada do fornecedor Loja do Couteleiro)

## 2.3 INOX

O inox foi idealizado por Harry Brearly (1871 – 1948), foi dado início a pesquisa em 1912, os desenvolvedores de armas da época necessitavam de um material metálico que houvesse resistência a corrosão nos canos das armas de fogo. Brearly, depois de várias tentativas de fazer uma liga metálica que não sofresse oxidação, notou que ao misturar cromo ao aço, a liga não sofria reação ao oxigênio, portanto tinha mais dificuldade de enferrujar (Redação Mundo Estranho, 2011).

É uma liga formada pela mistura de ferro, cromo, carbono e níquel, muito conhecido pela sua alta resistência à corrosão. O responsável por essa alta resistência à corrosão é o cromo. Segundo a professora de biologia Lana Magalhães (2019), o cromo quando entra em contato com o oxigênio forma uma película na superfície do metal que o torna impermeável, protegendo contra a corrosão.

Com a alta resistência à corrosão, o aço inox é destinado a várias funções, como: fabricação de eletrodomésticos, de automóveis, indústrias do ramo alimentício, dentre outras finalidades.

É um aço com relação baixo custo-benefício, tomando como base as várias qualidades existentes.

O inox é um material muito versátil, usado em vários equipamentos e indústrias, podendo ser produzido de diversas maneiras, resultando em diversas variedades. Dentre várias qualidades que se encontra no inox, as principais estão na alta resistência a corrosão, aparência higiênica, facilidade de limpeza, resistência a variações de temperatura, formas variadas, baixo custo de manutenção, entre outras virtudes.

Os aços inoxidáveis são divididos em diversos grupos, os tipos existentes e suas nomenclaturas variam de acordo com cada elemento que o compõe. Entre os elementos que são adicionados a ele, estão o silício, carbono, níquel entre outros.

### 2.3.1 Inox 420

O tipo 420 dos aços inoxidáveis, é um tipo endurecível, usado pela sua resistência a corrosão e ao desgaste, sendo muito comum em aparelhos cirúrgicos, facas, eixos de transmissão, rolamentos, molas e ferramentas.

A tabela 4 apresenta a composição do Inox 420 de forma detalhada.

**Tabela 4:** Composição do Inox 420

<b>Carbono (C)</b>	0,15%
<b>Manganês (Mn)</b>	1,00%
<b>Silício (Si)</b>	1,00%
<b>Fósforo (P)</b>	0,04%
<b>Cromo (Cr)</b>	12%
<b>Níquel (Ni)</b>	0,75%
<b>Enxofre (S)</b>	0,03%
<b>Molibdênio (Mo)</b>	0,50%

(Fonte: Tabela adaptado do fornecedor Tenax Aços Especiais)

## 2.4 DUREZA

De acordo com o Manual de Aços (2003), dureza é a medida em que afere quanto um material resiste a deformação plástica localizada, quando uma força foi posta sobre ele. Dureza é uma grandeza comparativa, fazendo-se necessário à comparação entre dois materiais distintos. Há diversas maneiras de avaliar a dureza de um material, com isso foram criadas as escalas de medida de acordo com cada modo usado.

Atualmente, há diversos testes conhecidos como ensaios para testar a dureza de um material, definidos por dureza de riscos (escala de Mohs), dureza de choque (escala de Shore) e dureza de penetração (Brinell, Meyer, Rocwell, Vickers, Knoop).

No ensaio de dureza, é preciso sobrepôr uma pressão com um utensílio que proporcione uma deformação plástica localizada. Posteriormente, é necessário avaliar a proporção da deformação gerada.

O objetivo de um ensaio de dureza é avaliar dados comparativos, essa avaliação é feita baseada em escalas de medidas, tais escalas seguem um padrão para assegurar a validade da comparação. As variedades dessas escalas não são perfeitas, e, por isso, elas existem. Sendo assim, todas possuem vantagens e desvantagens.

### 2.4.1 Método de Dureza Rockwell

O método de dureza Rockwell que será utilizado no ensaio de dureza do trabalho, é o método usado com mais frequência para aferir a dureza de um material, sua simplicidade de executar não exige nenhuma capacidade incomum. Essa escala resulta de combinações de

diferentes cargas e penetradores possibilitando a avaliação da dureza de diversos materiais. Neste método a dureza é alcançada, pelo meio da diferença de profundidade entre uma pequena carga aplicada seguida por outra de maior força no material. CALLISTER, 2002).

O padrão Rockwell combinado com diferentes tipos de penetradores e cargas pode ser realizado o ensaio em vários materiais.

Os penetradores usados nesse método são dos tipos esféricos (esfera de aço temperado) e cônicos (cone de diamantes com 120° de conicidade).

No resultado da dureza vem o número acompanhado de HR com uma terceira letra na terminação evidenciando a escala usada como exemplo 60HRC.

- 60 o valor obtido da dureza;
- HR indicando que é um ensaio de dureza Rockwell;
- C indicando a escala utilizada.

A tabela 5 é representada pelas escalas de durezas Rockwell e suas aplicações:

**Tabela 5:** Indicação de aplicação de dureza Rockwell

Escala de dureza Rockwell normal e aplicações					
Escala	Cor da escala	Carga maior	Penetrador	Faixa de utilização	Campo de aplicação
A	preta	60	diamante cone 120°	20 a 88 HRA	Carbonetos, folhas de aço com fina camada superficial endurecida
C	preta	150	diamante cone 120°	20 a 70 HRC	Aço, titânio, aços com camada endurecida profunda, materiais com HRB>100
D	preta	100	diamante cone 120°	40 a 77 HRD	Chapas finas de aço com média camada endurecida
B	vermelha	100	esfera aço 1,5875mm	20 a 100 HRB	Ligas de cobre, aços brandos, ligas de alumínio, ferro maleável etc.
E	vermelha	100	esfera aço 3,175mm	70 a 100 HRE	Ferro fundido, ligas de alumínio e de magnésio
F	vermelha	60	esfera aço 1,5875mm	60 a 100 HRF	Ligas de cobre recozidas, folhas finas de metais moles
G	vermelha	150	esfera aço 1,5875mm	30 a 94 HRG	Ferro maleável, ligas de cobre-níquel-zinco e de cobre-níquel
H	vermelha	60	esfera aço 3,175mm	80 a 100 HRH	Alumínio, zinco, chumbo
K	vermelha	150	esfera aço 3,175mm	40 a 100 HRK	Metais de mancais e outros muito moles ou finos

(Fonte: MATERIAIS- CIMM.)

A Figura 2 retrata um durômetro de bancada Mitutoyo.



**Figura 2:** Durômetro de bancada Mitutoyo

(Fonte: Mitutoyo)

## 2.5 RESISTÊNCIA MECÂNICA

Qualquer material submetido a algum tipo de força, sendo tração ou compressão, pode sofrer fratura. A resistência mecânica é a propriedade responsável em que o material absorve essas forças sem danos permanentes, fazendo com que o material volte ao seu estado ou forma inicial, sem que haja ruptura do mesmo.

## 2.6 TRATAMENTO TÉRMICO

Tratamento térmico é um grupo de métodos com a finalidade de melhorar as características físicas de algum material, sendo capaz de ser feito de forma localizada ou em todo material.

O fundamento básico é a organização da microestrutura da peça, objetivando o melhoramento para determinado uso. Ocorre quando o material passa por um aquecimento logo em seguida por um resfriamento, tudo de forma controlada.

Os tipos de tratamento mais utilizados são recozimento, normalização, austêmpera, martêmpera, têmpera, revenido, cementação, carbonitreção e nitreção.

Diversos produtos usados no dia a dia passam pelo processo de tratamento térmico, tais como: carros, navios, facas, instrumentos cirúrgicos, moldes para uso industrial e ferramentas.

## 2.7 TÊMPERA

Segundo Ciaverini (2002), têmpera é um tratamento térmico com o propósito de modificar a propriedade de um aço, sendo composta por dois estágios, o aquecimento do aço até uma temperatura crítica, logo após o resfriamento rápido do metal, tendo como objetivo, na maioria dos casos, deixar o material com a propriedade desejada, ou seja, mais duro e resistente a esforços mecânicos.

Após aquecido, o material é resfriado, na maioria dos casos em óleo ou água, de acordo com a propriedade que se deseja obter. O fluido usado está relacionado com a velocidade de resfriamento no momento do tratamento térmico, sendo a água com maior poder de resfriamento e o óleo com resfriamento mais lento. A velocidade de resfriamento está ligada diretamente com a dureza do material, assim sendo, se o material for resfriado mais rápido terá uma dureza mais elevada com a possibilidade de se tornar frágil. Na maioria dos casos quando deseja-se obter uma propriedade específica para cutelaria é usado o óleo para esfriar o metal.

Existe uma técnica conhecida como têmpera invertida, ou popularmente como recozimento, muito usada quando o metal precisa ser destemperado, isto é, precisa ser deixado menos duro para que possa ser trabalhado e dado forma. É conduzido da seguinte maneira, o metal antes de ser trabalhado é altamente aquecido até uma temperatura crítica, e depois resfriado lentamente, de acordo com a propriedade que se deseja obter.

**Tabela 6:** representa as temperaturas que se utiliza para tratamento térmico dos materiais estudados na pesquisa.

<b>Aço Carbono SAE 1070</b>	<b>Aço Inox 420</b>
Tempera 800°C	Tempera 990°C a 1030°C
Revenimento 180°C a 210°C	Revenimento 100°C a 200°C

(Fonte: Tabela adaptada de Loja Do Couteiro)

Revenimento é o aquecimento das peças abaixo da zona crítica que foram submetidas a tratamentos térmicos, tendo como objetivo ajustar as propriedades do material aliviando as tensões internas.



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Como ressaltado previamente, dentro das classes do aço existem diversas ligas metálicas com características mecânicas imensamente distintas. Em vista disso, foram escolhidas duas ligas usadas na fabricação de facas e outros elementos de corte. O aço SAE 1070 e o aço Inox 420.

##### 3.1.1 Obtenção das Amostras

Os aços foram obtidos em uma loja virtual especializada em suprimentos para cutelaria, juntamente com suas informações adicionais para a realização de tratamento térmico e os seus supostos fluidos específicos de resfriamento para têmpera, sendo eles óleo para tempera.

A figura 3 representa a amostra dos referidos aços em estudo.



**Figura 3:** Amostra dos aços SAE 1070 e aço Inox 420.

(Fonte: Autor)

Cortou-se as amostras dos aços em pedaços menores usando uma esmerilhadeira com um disco de corte específico, para ser submetido como corpo de prova ao tratamento térmico de forma que fosse aquecido com homogeneidade.



**Figura 4:** Apresenta as amostras dos aços depois de cortadas antecedendo o tratamento térmico

(Fonte: Autor)

### **3.1.2 Tratamento Térmico (Têmpera)**

Os tratamentos térmicos das amostras foram realizados no Centro Acadêmico FAG no laboratório de metalografia localizado no bloco das engenharias. Através de um forno de alta temperatura da marca Jung com controle de temperatura digital.



**Figura 5:** Forno de alta temperatura com controlador digital  
(Fonte: Autor)

Primeiramente a amostra do SAE 1070 foi exposta ao aquecimento como recomenda o fabricante a uma temperatura de 800°C conforme a figura 6, logo em seguida foi resfriado em óleo específico para têmpera com propriedades antichamas.



**Figura 6:** Aquecimento da peça do aço SAE 1070 em forno de alta temperatura  
(Fonte: Autor).

O próximo passo foi submeter o Inox 420 ao aquecimento para o tratamento térmico, preliminarmente, se reprogramou o forno para uma temperatura de 1000°C, como recomenda o fabricante, em seguida a amostra foi posicionada dentro do forno até que atingisse a temperatura de 1000°C, após atingir a temperatura requisitada, também foi resfriado em óleo para têmpera.



**Figura 7:** Aquecimento da peça do Inox 420 em forno de alta temperatura  
(Fonte: Autor)

Após o tratamento térmico as amostras foram preparadas para o ensaio de dureza, uma lixa foi aplicada na superfície de cada material com o intuito de fazer a limpeza da superfície da peça.



**Figura 8:** Amostras após o tratamento térmico

(Fonte: Autor)

### **3.1.3 Ensaio de dureza Rockwell**

Nesse recurso, há um dispositivo responsável por ensaiar o material em estudo para obtenção dos valores de dureza, inicialmente o operador calibra a máquina usando uma tabela disponível que determina a escala, automaticamente, indicando a carga e o penetrador a ser utilizado no teste. Conforme mostra a tabela a seguir:

**Tabela 7:** Indicação de aplicação de dureza Rockwell

Escala de dureza Rockwell normal e aplicações					
Escala	Cor da escala	Carga maior	Penetrador	Faixa de utilização	Campo de aplicação
A	preta	60	diamante cone 120°	20 a 88 HRA	Carbonetos, folhas de aço com fina camada superficial endurecida
C	preta	150	diamante cone 120°	20 a 70 HRC	Aço, titânio, aços com camada endurecida profunda, materiais com HRB>100
D	preta	100	diamante cone 120°	40 a 77 HRD	Chapas finas de aço com média camada endurecida
B	vermelha	100	esfera aço 1,5875mm	20 a 100 HRB	Ligas de cobre, aços brandos, ligas de alumínio, ferro maleável etc.
E	vermelha	100	esfera aço 3,175mm	70 a 100 HRE	Ferro fundido, ligas de alumínio e de magnésio
F	vermelha	60	esfera aço 1,5875mm	60 a 100 HRF	Ligas de cobre recozidas, folhas finas de metais moles
G	vermelha	150	esfera aço 1,5875mm	30 a 94 HRG	Ferro maleável, ligas de cobre-níquel-zinco e de cobre-níquel
H	vermelha	60	esfera aço 3,175mm	80 a 100 HRH	Alumínio, zinco, chumbo
K	vermelha	150	esfera aço 3,175mm	40 a 100 HRK	Metais de mancais e outros muito moles ou finos

(Fonte: MATERIAIS- CIMM.)

O ensaio foi realizado em um durômetro da marca MITUTOYO conforme mostra a figura:



**Figura 9:** Durômetro

(Fonte: Autor)

A escala utilizada no teste, foi a “C” com uma pré carga de 10kgf e carga de 150 kgf e um penetrador de diamante cônico 120°.

Realizou-se três medições em locais distintos de cada peça para se obter o resultado de dureza.

**Tabela 8:** Ensaio de dureza Rockwell no SAE 1070

Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
31,9 HRC	32,9 HRC	27,5 HRC	30,7 HRC

(Fonte Autor)

**Tabela 9:** Ensaio de dureza Rockwell no Inox 420

Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
40 HRC	34,1 HRC	39,3 HRC	37,8 HRC

(Fonte: Autor)

Assim pode-se concluir que a dureza média encontrada no aço carbono SAE 1070 é de 30,7 HRC. E no aço Inox 420 é de 37,8 HRC.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são examinados em comparação as duas ligas metálicas em foco no trabalho para o uso em cutelaria. Para obtenção de um instrumento de corte resistente, deseja-se uma matéria prima de elevada dureza, pois a dureza está relacionada diretamente com o poder do utensílio se permanecer afiado e resistente ao desgaste.

**Tabela 10:** Dureza média dos referidos aços em estudo

SAE 1070	Inox 420
30,7 HRC	37,8 HRC

(Fonte: Autor)

Observando os valores de dureza obtidos dos materiais, conclui-se que o aço Inox 420 tem propriedades mecânicas relacionadas a aplicação para fabricação de cutelos superiores em comparação ao aço carbono SAE 1070, levando em consideração que serão usados para cutelaria.

Outra vantagem observada comparando os dois materiais é que o aço inoxidável não sofre oxidação facilmente, prolongando a vida útil do material.

Um benefício notado no aço SAE 1070 para o uso em cutelaria, é que, sendo um material menos duro tem uma habilidade de absorção de corte maior.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o processo de tratamento térmico em que os materiais foram submetidos no experimento, nota-se uma melhoria em suas propriedades mecânicas para o uso na fabricação de um cutelo, como por exemplo, o aumento da dureza e conseqüentemente a resistência ao desgaste da peça.

Após ser realizado o tratamento térmico o material foi submetido ao ensaio de dureza alcançando os valores de 30,7 HRC para o SAE 1070 e 37,8 HRC para o Inox 420.

De acordo com o estudo comparativo realizado no presente trabalho, pode-se observar que se tratando de resistência mecânica, o aço Inox tem propriedades mecânicas superiores para uso na fabricação de objetos de corte, tais como: maior resistência ao desgaste e maior retenção de fio.

Pode-se concluir que o tratamento térmico usado em laboratório é um método que visa melhorar as propriedades dos metais, pode agir de forma localizada ou na totalidade da peça.

Além das propriedades mecânicas avantajadas, não se pode deixar de mencionar que o inox é uma peça com aparência mais bonita livre de oxidações.

### 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se realizar o tratamento térmico (têmpera) localizado, mantendo a característica mecânica original no restante da peça.

Sugere-se também que sejam estudadas maiores quantidades de corpo de prova nas mesmas condições, para que se possa aumentar a precisão dos resultados obtidos.

Também se propõe realizar o tratamento térmico (têmpera) em água, para se avaliar a diferença de dureza final dos materiais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catálogo Aços Gerdau. **Manual de Aços**. Edição atualizada em 2003. Disponível em: <[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/catalogo\\_acos\\_gerdau.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/catalogo_acos_gerdau.pdf)>. Acesso em: 30 set 2020.

CIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos**; 7a edição, 2002. Disponível em: <<https://ww2.inda.org.br/blog/2019/06/06/tratamento-termico-tempera/>> Acesso em 02 out 2020.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Aço**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/aco.htm>>. Acesso em: 26 set 2020.

HECK, Nestor Cezar. **Introdução à engenharia metalúrgica**; Disponível em: <<http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06638/IEM-Texto-3.pdf>>. Acesso em: 15 out 2020.

MARTINS, João Henrique Martins; MILANEZ, Alexandre; PERUCH, Fabio. **Avaliação Das Propriedades Mecânicas Do Aço Damasco Sae 5160 Com Sae 1020 Para Fabricação De Facas Artesanais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Mecânica, Criciúma, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.satc.edu.br/bitstream/satc/329/2/Tcc%20Final.pdf>> Acesso em: 18 de set de 2020.

PAZINI, Henrico. **Propriedades Mecânicas da Liga de Aço Damasco Sae 5160 + Uhb 15n20**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Mecânica, 2012. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/584/TCC%20-%20HENRICO%20PAZINI.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 set 2020.

Redação Mundo Estranho, **como foi inventado o aço Inox?** – edição atualizado 2020. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-foi-inventado-o-aco-inox/>> Acesso em: 26 set 2020.

SCHEID, Adriano. **Curso Básico de Aços**. Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM343/A%20C7OS.pdf>>. Acesso em: 20 set 2020.

TSCHIPTSCHIN, André Paulo. **Aço: Sua aplicação e relação com o carbono**, 2019. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/blog-acos-especiais/aco-e-sua-aplicacao-e-relacao-com-o-carbono>>. Acesso em 25 out 2020.

SOARES CABETE, Marcos. **Aços para cutelaria! Quais são os mais usados?** 2016. Disponível em <<https://www.fazfacil.com.br/artesanato/acos-para-cutelaria/2/>>. Acesso em: 20 out 2020.

CIAVERINI, Vicente. **TECNOLOGIA MECÂNICA**, vol I, 2ª Edição. 1986. Disponível em: <<https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2012/10/vicente-chiaverini-tecnologia-mecc3a2nica-vol-i-estrutura-e-propriedades-das-ligas-metc3a1licas.pdf>>. Acesso em: 01 nov 2020.