INFLUÊNCIA DO MEIO DE RESFRIAMENTO NO TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA, NAS PROPRIEDADES DO AÇO DOMEX 700MC

INFLUENCE OF THE COOLING MEDIUM ON TEMPERING HEAT TREATMENT ON THE PROPERTIES OF DOMEX 700MC STEEL

Silvio Santos de Jesus[I]
Alessandro Fraga Farah[II]
Maria Aparecida Bovério[III]
Solange Pereira dos Santos Farah[IV]
Marcia Aparecida Gomes[V]

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo analisar a influência do tratamento térmico no aço Domex700MC. Como procedimentos metodológicos foram utilizadas duas amostras do aço, para o tratamento térmico de têmpera, com temperatura de 920ºC, por uma 1 hora e trinta minutos e resfriadas bruscamente. Uma amostra foi resfriada em água, e a outra resfriada em óleo. Também foi utilizada uma amostra como recebida. As três amostras passaram por ensaios de desgaste tipo roda de borracha, ensaios de dureza e ensaios de metalografia para caracterização das amostras. Como resultados, verificou-se que na amostra sem tratamento havia a presença de ferrita, bainita e carbetos distribuídos. Mas, logo após o tratamento, notou-se que houve uma mudança em sua microestrutura, obtendo-se martensita, bainita e austenita retida. Concluiu-se que, de acordo com o resfriamento aplicado no aço Domex700MC, há uma alteração microestrutural permitindo que possa modificar sua dureza e resistência à abrasão, sendo possível concluir que o aço Domex700MC é passível de modificações nas suas propriedades após tratamento térmico de têmpera.

Palavras-chave: Tratamento térmico. Aço Domex 700MC. Dureza. Desgaste abrasivo.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the influence of heat treatment on Domex700MC steel. As methodological procedures, two steel samples were used for the heat treatment of quenching, with a temperature of 920ºC, for 1 hour and 30 minutes and cooled down. One sample was cooled in water, the other cooled in oil. A sample was also used as received. The three samples underwent wear tests in rubber wheel, hardness tests and metallography tests to characterize the samples. As a result, it was found that in the untreated sample there was the presence of ferrite, bainite and distributed carbides. But, right after the treatment, it was noticed that there was a change in its microstructure, obtaining martensite, bainite and retained austenite. It was

[I] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecânica: processos de soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: silviofatec@outlook.com
[II] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: alessandro.farah@fatec.sp.gov.br
[III] Profa. Pós-Dra. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: maria.boverio@fatec.sp.gov.br
[IV] Profa. Ms. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: Solange.farah@fatec.sp.gov.br
[V] Profa. Me. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: Profa. Me. marcia.gomes@fatec.sp.gov.br

concluded that, according to the cooling applied to Domex700MC steel, there is a microstructural change allowing it to modify its hardness and abrasion resistance, being possible to conclude that Domex700MC steel is susceptible to changes in its properties after heat treatment.

Keywords: Heat treatment. Steel Domex 700MC. Hardness. Abrasive wear.

Data de submissão do artigo: 15/09/2020.
Data de aprovação do artigo: 05/11/2020.
DOI: 10.33635/sitefa.v3i1.128

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que investigou a influência dos tratamentos térmicos no aço Domex 700MC. O aço Domex700MC é uma marca registra da Siderúrgica SSAB, no entanto sua nomenclatura e especificação são descrita pela norma DIN EN 10149, sendo estimado como S700MC. A sigla MC se refere a aços de alto limite de resistência elástica para conformação a frio e de boa soldabilidade. (SPOHR, 2015). A tabela 1 apresenta a Composição química do aço DOMEX 700MC.

Tabela 1 – Composição química do aço DOMEX 700MC

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Al%	Nb%	V%	Ti%	Fe%
Máx. 0,12	Máx 0,10	Máx 2,10	Máx. 0,025	Máx. 0,010	Mín. 0,015	Máx. 0,09	Máx. 0,20	Máx. 0,15	Bal.

Fonte: Spohr (2015, p. 22)

Desenvolvido para substituir os aços carbonos, o Domex é conhecido como aço de alta resistência e baixa liga, por causa da pequena porcentagem de elementos de liga em sua composição química que são compostas por carbono, silício, manganês, fosforo, enxofre, alumínio, nióbio, vanádio, titânio, mas também são usados técnicas, refino do grão da ferrita endurecimento por solução solida, laminação controlada e resfriamento controlado. É muito resistente, quando comparado aos aços carbono. Mas ainda precisa conciliar custo e benefícios para que sejam, viável para o processo de fabricação de vários componentes, que precisam suportar alta carga, como chassis de caminhão, guindastes e máquinas de terraplanagem (BORGES, 2019).

Esse tema foi escolhido porque há o interesse em conhecer as propriedades do aço Domex700MC após a realização do tratamento térmico de têmpera. Assim, o problema investigado nessa pesquisa é “qual é a influência da velocidade de resfriamento no tratamento térmico no aço Domex 700MC?”

O objetivo geral foi realizar ensaios para verificar qual é a influência do meio de resfriamento no tratamento térmico de têmpera no aço Domex 700MC. Os objetivos específicos foram analisar a variação de dureza e resistência ao desgaste do aço antes e após os tratamentos térmicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aço Domex700MC é um aço estrutural laminado a quente para conformação a frio, e possui um limite de escoamento no mínimo de 700MPa, que proporciona uma estrutura mais

resistente que o aço carbono e resiste a tração de 750 a 900MPa, onde ele respeita a norma DIN EN 10149.S700MC. Considerado aço de baixa liga, mas de alta resistência mecânica. (MUSSATTO, 2014)

Foi desenvolvido para substituir os aços carbonos, pelo fato de possuir alta resistência e baixa liga, por causa da pequena porcentagem de elementos de ligas na sua composição química. Mas também são usadas técnicas com refinos de grãos de ferrita e endurecimentos por solução solida. É muito resistente quanto comparado aos aços carbono, mas ainda concilia custo e benefício para que seja viável para o processo de fabricação, pelo fato de ser considerado um material leve e resistente, são muito usados para fabricação de vários componentes como (chassi de caminhão, implementos, guindastes, e maquinas de terra plangem) (BORGES, 2019)

Mas para todos esses processos de fabricação o aço passa por tratamento térmico que são responsáveis da qualidade ao material de acordo com sua necessidade. De maneira geral, tratamento térmico é um processo no qual submete-se um determinado material a um ciclo térmico (aquecimento e resfriamento), com o intuito de se obter determinadas propriedades mecânicas. Chiaverini (2005), define o tema como “um conjunto de operações de aquecimento a que são submetidos os aços, sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de esfriamento, com o objetivo de alterar suas propriedades ou conferir-lhes características determinadas”. Que acontece através de um conjunto de operação de aquecimento e resfriamento que os aços são submetidos, mas para isto deve ser controlada a temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento.

Existe vários tipos de tratamento térmico que são utilizados para adequar o material de acordo com a necessidade (RIBEIRO, 2007, p. 13-15):

- Recozimento: deve-se aquecer uniformemente a temperatura pode ser superior a crítica em forno de atmosfera controlada, ou com a peça em um composto neutro que evite a descarbonatarão. O resfriamento deve ser bastante lento, no forno, até em torno de 480 ºC, e daí mais rapidamente até a temperatura ambiente.
- Normalização: é semelhante ao tratamento de recozimento quanto aos objetivos. Entretanto se diferencia do primeiro por submeter o material tratado a um resfriamento de maneira mais rápida que no recozimento. O objetivo é o refino da granulação grosseira de peças de aço fundido, ou de materiais ou peças após laminação ou forjamento. A normalização também é empregada como tratamento preliminar a tempera e ao revenido, para possibilitar a obtenção de uma estrutura granular mais uniforme e diminuir os riscos de empenamentos.
- Têmpera: acontece devido o resfriamento rápido, do material a tratar, a partir de uma temperatura superior à crítica, com o objetivo de se conseguir uma estrutura com elevada dureza. Essa estrutura obtida produz um aumento do limite de resistência à tração do aço, mas também resulta numa redução da maleabilidade e no aparecimento de tensões internas. Para atenuação dos inconvenientes da têmpera, efetua-se o revenido, que normalmente é efetuado após a mesma. Além de aliviar as tensões internas, podem ser feitos ajustes na dureza e diminuição da fragilidade do material, aumentando a maleabilidade e a resistência ao choque. A temperatura de aquecimento é inferior à temperatura crítica, e os constituintes obtidos dependem da temperatura e do tempo em que se mantém a peça aquecida.

O resfriamento deve ser de tal forma que se evite a transformação da austenita nos seus produtos de decomposição como ferrita ou cementita mais perlita, dando lugar a transformação da martensita. Dependendo da velocidade de resfriamento a que o material é submetido, obtém-se uma determinada proporção entre as diferentes fases do material, o que irá determinar posteriormente as características físicas e mecânicas para este material, sendo elas: dureza, tenacidade, ductibilidade, entre outros (CHIAVERINI, 2008).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desse estudo, foram feitos tratamentos térmicos de têmpera e revenimento no aço strex700MC, além dos ensaios de dureza, ensaios de metalografia e ensaios de desgaste, em amostras do mesmo material. Todos os ensaios foram realizados na Fatec Sertãozinho.

3.1 Tratamento térmico de têmpera no aço Domex700MC

Foram utilizadas 03 amostras do mesmo material. A primeira amostra não passou por tratamento térmico de têmpera e foi submetida aos ensaios na condição de recebida.

Os tratamentos térmicos de têmpera foram realizados em fornos tipo Mufla, na temperatura de 920ºC e tempo de aquecimento de 1h e 30min, para as duas amostras. Após esse tempo as amostras foram resfriadas, uma em água e a outra em óleo. As amostras tratadas não foram revenidas.

3.2 Ensaio de dureza no aço Domex700MC

Ensaio de dureza é a aplicação de uma carga na superfície do material empregando um penetrador padronizado, produzindo uma marca superficial ou impressão. A dureza é dada com função as características da marca da impressão e da carga aplicada a cada tipo de ensaio realizado (VENTURI, 2014). O durômetro utilizado foi tipo de bancada e o método utilizado foi o Rockwell na escala C.

Foi realizado esse ensaio no aço Domex700MC para a comparação entre as três amostras, e descobrir se realmente haveria alteração em sua microestrutura e se houve alteração da dureza do material.

3.3 Ensaio de desgaste na roda de borracha

Para o ensaio de desgaste, foi utilizado o abrasômetro tipo Roda de Borracha, que é uma máquina projetada para a realização de ensaios de desgaste abrasivo com partículas soltas com base a norma ASTM G65. O equipamento possui um silo para armazenamento do abrasivo, um motor de indução, um tambor ranhurado, um inversor de frequência conectado a um motor de 0,7 kW, uma caixa de redução com relação de transmissão de 10/1, um braço de alavanca e anilhas com deferentes massas. O ensaio consiste em pressionar uma amostra contra um disco de aço revestido com borracha sob alimentação constante de um fluxo abrasivo, que neste caso foi utilizado areia, com granulometria de 212 a 250 mm, para executar os ensaios das 3 amostras do aço Domex700 (FIGUEIREDO NETO, 2017).

Nos ensaios foram utilizadas as 3 amostras do aço Domex700, onde cada amostra foi ensaiada por 12 minutos, sendo que a cada 4 minutos, a amostra era retirada e pesada numa balança de precisão, para medir o quanto de massa que o material tinha perdido.

A fotografia 1, mostra o detalhe da roda de borracha em contato com o abrasivo e a amostra, durante o ensaio. A seta indica onde o corpo de prova é colocado.

Fotografia 1 – Detalhe do contato da areia e da roda de borracha com o material ensaiado



Fonte: fotografada pelos autores na Fatec/Stz (2020)

3.4 Ensaio de metalografia do aço Domex700MC

A análise metalográfica é um processo de análise da microestrutura do material, que permite observar a microestrutura de metais e ligas, e é através dessa observação que podemos entender o desempenho macroestrutural de determinados componentes. Examina-se a olho nu ou com pouca ampliação (até 50X) o aspecto de uma superfície após devidamente polida e atacada por um reagente adequado para que possa ser melhor analisada usando um microscópio ótico de até 1000X de aumento (ROHDE, 2010).

Mas para isto tem que haver todo processo de preparação, da amostra do material para que possa ser analisada perfeitamente. O processo começa com o corte da amostra, retira-se um pedaço do material na seção a ser estudada, usando um policorte com um disco fino abrasivo e refrigerado com água para facilitar o corte e evitar que a microestrutura do material pudesse ser alterada. Em seguida faz-se o embutimento da amostra para facilitar o manuseio da amostra que em seguida será lixada e polida.

O lixamento tem por objetivo eliminar riscos e marcas mais profundas da superfície dando um acabamento a essa superfície, preparando-a para o polimento que foi feito após todo processo de lixamento, com lixas de 120, 220, 400, 600 e 1000 mesh, e limpeza da superfície para eliminar os pouco riscos que as lixas não conseguem eliminar; o polimento foi feito com pano diluído por oxido de alumínio de 1 μm, que permite que a amostra fique espelhada e pronta pra receber o ataque químico específico.

O ataque químico permite a identificação (visualização) dos contornos de grão e as diferentes fases na microestrutura. Para que isso ocorra é preciso atacar a superfície da peça, por certo tempo, com um reagente ácido especificado, nesse caso o Nital 2%. O reagente causará a corrosão da superfície. Os reagentes são escolhidos em função do material e dos constituintes microestruturais que se deseja contrastar na análise microscópica (ROHDE, 2010)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

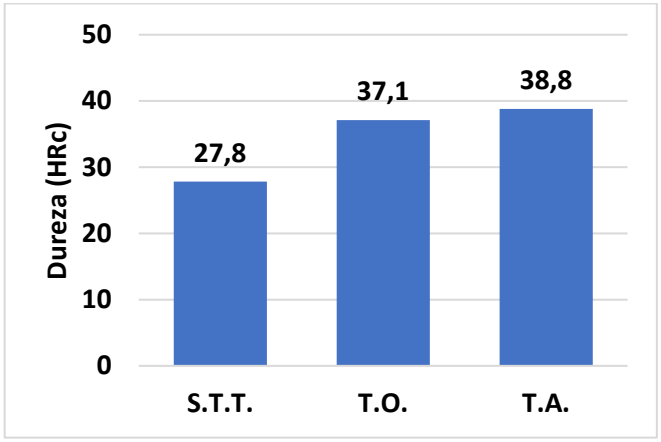
Os resultados obtidos neste trabalho são mostrados a seguir.

4.1 Ensaio de dureza

Todas as amostras foram submetidas ao ensaio de dureza. A quantidade de medições foi de no mínimo 05 para cada amostra.

O gráfico 1 apresenta a média obtida pelos resultados do ensaio de dureza.

Gráfico 1 – Resultado do ensaio de dureza



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

A amostra sem tratamento térmico (S.T.T.) apresentou uma dureza média de 27,8HRc dentro da especificada comercialmente. A dureza da amostra temperada em óleo (T.O.) ficou com 37,1 em média e a amostra temperada em água (T.A.) com 38,8HRc. Os valores encontrados na têmpera com diferentes meios de resfriamento, água e óleo, ficaram proporcionais à velocidade de resfriamento de cada meio, ou seja, a água resfria mais rápido que o óleo e apresentou uma maior dureza.

4.2 Ensaio de desgaste na roda de borracha

A fotografia 2 mostra o aspecto da amostra após o ensaio de desgaste.

Fotografia 2 – Aspecto da amostra S.T.T. após ensaio de desgaste em roda de borracha

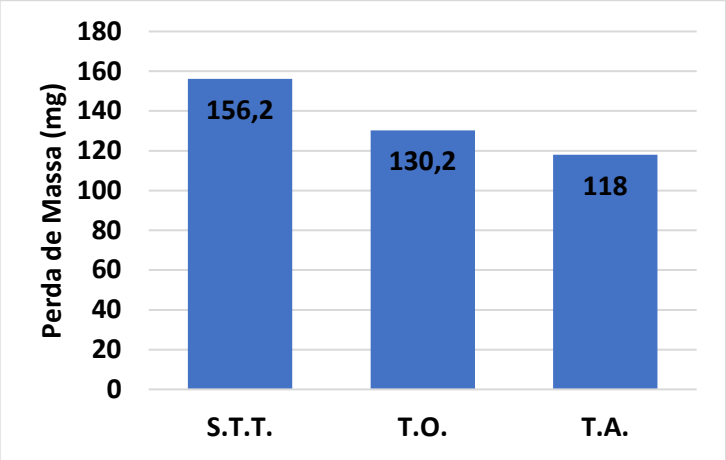


Fonte: fotografada pelos autores na FATEC/Stz (2020)

Nota-se na fotografia 2 o aprofundamento da área na qual a roda de borracha, sob força aplicada e em presença de um fluxo de areia, deixou na amostra.

A gráfico 2 apresenta os resultados de desgaste na roda de areia.

Gráfico 2 – Perda de massa das amostras após ensaio de desgaste



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

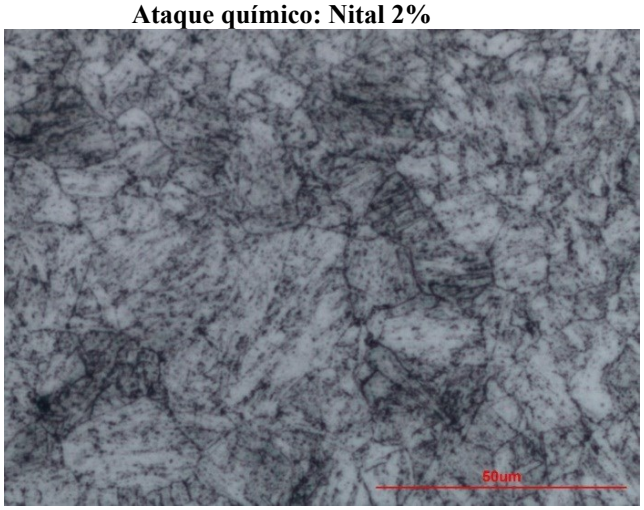
Nota-se que a maior perda de massa foi para a amostra sem tratamento térmico e a menor perda foi para a amostra com têmpera em água. A amostra temperada em óleo fico entre as duas. Esse resultado confirma que para uma maior dureza a perda de massa é menor, ou seja, a perda de massa aumenta à medida que se diminui a dureza do material.

4.3 Ensaio de metalografia para analisar a microestrutura

Os resultados do ensaio metalográfico são mostrados nas figuras a seguir.

A imagem 1 apresenta uma microestrutura formada por ferrita poligonal, bainita e carbetos distribuídos.

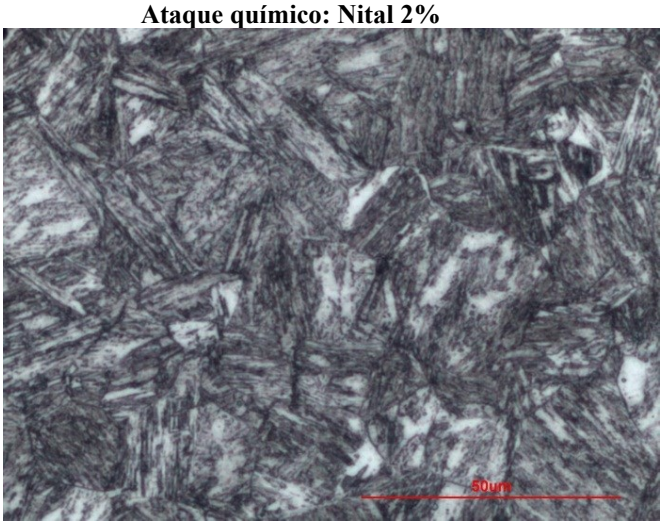
Imagem 1 – Microestrutura da amostra sem tratamento.
Ataque químico: Nital 2%



Fonte: os autores (2020) - obtida durante a pesquisa

A imagem 2 mostra a microestrutura da amostra temperada em óleo. Nota-se uma microestrutura formada por martensita, bainita e austenita retida.

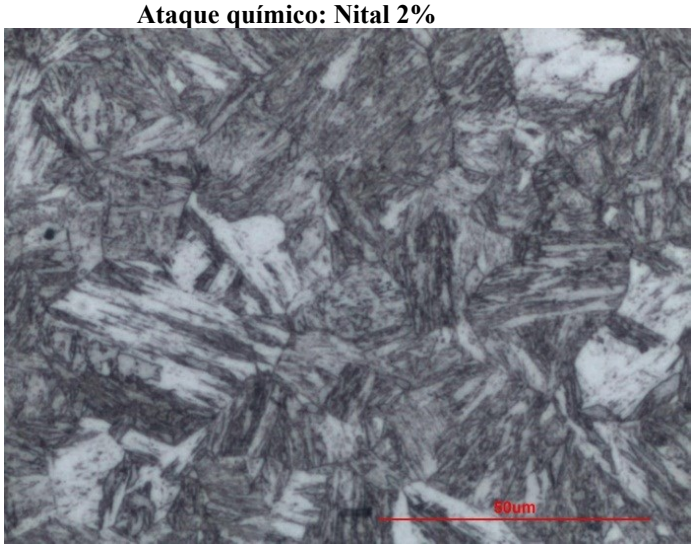
Imagem 2 – Microestrutura da amostra temperada em óleo. Ataque químico: Nital 2%



Fonte: os autores (2020) - obtida durante a pesquisa

A imagem 3 mostra a microestrutura da amostra temperada em água. Nota-se uma microestrutura formada por martensita, bainita e austenita retida.

Imagem 3 – Microestrutura da amostra temperada em água. Ataque químico: Nital 2%



Fonte: os autores (2020) - obtida durante a pesquisa

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados anteriormente apresentados, é possível concluir que houve mudanças de propriedades, comparando-se a amostra como recebida com as mesmas que passaram por tratamento térmico.

No ensaio de metalografia foi possível verificar a mudança microestrutural das amostras submetidas ao tratamento de têmpera quando comparadas com a amostra como recebida. Houve mudança de uma microestrutura de ferrita, bainita e carbetos distribuídos, na amostra como recebida, para martensita, bainita e austenita retida nas amostras temperadas.

Entretanto, as amostras temperadas em água e óleo, não tiveram mudanças significativas na microestrutura.

Em relação às durezas obtidas, as amostras tratadas tiveram um aumento da condição de como recebida para tratadas termicamente. Entre as amostras tratadas em água e óleo não foi verificado um aumento significativo da dureza, ficou menos que 5% de variação.

Os ensaios de desgaste ficaram proporcionais às durezas das amostras, ou seja, para menores durezas maiores perdas de massa. Entretanto, os resultados também não foram significativos, aproximadamente 10% de diferença, quando comparados com as durezas obtidas.

Como conclusão final pode-se afirmar que o aço Domex700MC quando temperado aumenta sua dureza e resistência ao desgaste.

REFERÊNCIAS

BORGES, Guilherme Coutinho. **Estudo de corrosão de revestimento ferro/níquel/cromo em substrato de aço domex 700**. 2019. 45 p- Monografia (Bacharel, em Engenharia Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Mecânica, 2019. Disponível em: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:GR0cAYuGiRcJ:scholar.google.com/+(BORGES,+2019,metal+mecanica&hl=pt-BR&as_sdt=0,5. Acesso em: 20 set. 2019.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos.** 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.

_____.**Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.

FIGUEIREDO NETO, João José de. **Projeto, fabricação e validação de um abrasômetro roda de borracha na configuração horizontal e vertical**. 2017, 91p.monografia (Engenharia Mecânica – Projetos). Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/28384/1/DISSERTAÇÃO%20João%20José%20de%20Figueiredo%20Neto.pdf. Aceso em: 20 set. 2019.

MUSSATTO, Marcos Vinícius Panisson, **Análise da resistência à fadiga do aço DIN EN 10149 s700mc após o processo de alinhamento a quente.** 2014-54p. Monografia (Bacharel em Engenheira Mecânica). Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1957/TCC%20Marcos%20Vinicius%20Panisson%20Mussatto.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 set. 2019.

ROHDE, Regis Almir. **Metalografia preparação de amostras. 2010, 29 p.** monografia (Uma abordagem pratica Versão-3.0). LEMM Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais.www.urisan.tche.br/. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4313798/mod_resource/content/1/APOSTILA_METALOGRAFIA.pdf. Aceso em: 20 set. 2019.

RIBEIRO, José Luiz Silva. **Fresamento do Aço Vhsuper nos estados recozido e temperado com metal duro e cermet**. 2007,244p. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal De Minas Gerais. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SBPS-7A2J3P/2/tesefinal.pdf. Aceso em: 20 set. 2019.

SCHEIN, Zenar Pedro, **Estudo didático de um experimento centrado em atividades de produção e aplicação de um objeto técnico**: a balança analítica. 2004, 200 p. monografia (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/2939/1/000323102-Texto%2bCompleto-0.pdf. Aceso em: 20 set. 2019.

SPOHR, João Renato Froza. **Caracterização microestrutural de diferentes materiais unidos através do processo de soldagem capacitiva.** 2015. 48 p. (Bacharel em Engenharia Mecânica). Faculdade Horizontina (FAHOR). Curso de Engenharia Mecânica, 2015. Disponível em: http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2015/JoaoRenatoFronzaSpohr.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

VENTURI, Danilo *et al.* Construção de um durômetro por rebote. **Engenharia: múltiplos saberes e atuações.** Juiz de Fora. MG. 2014. Disponível em: http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129154.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.